UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers
Département des sciences de la nature et de la vie



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Ecologie
Spécialité : Science de l'environnement

Présenté par :
Melle : GADDA Nour-El-Houda

Thème

Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla

Soutenu publiquement :
Le: 26/06/2013

Devant le jury :

M. NILLI M (MCA) Président UKM Ouargla
M.IDDER A (MCA) Examinateur UKM Ouargla
M.DADDI BOUHOUN M (MCA) Promoteur UKM Ouargla
M. SAKER (MCA) Co-promoteur UKM Ouargla

Année Universitaire : 2012 /2013

Remerciements

Je tien tout d'abord à remercie dieu de m'avoir donné la force d'aller jusqu'au bout de ce travail et de m'avoir entouré des personnes qui m'ont aidé tout le long de mon parcoure

Au terme de ce travail, je tiens à remercier avec gratitude : MrDADDI BOUHOUNE Maître de conférence qui a accepter de m'encadrer, de diriger ce travail, et pour tout ses conseils.

Je remercie infiniment Mr SAKER M. Maître de Conférences à la faculté des sciences de la vie et de la terre et l'univers, pour sa présence, son aide, ses corrections sérieuses et sa patience.

J'adresse aussi mes remerciements aux membres du jury :
Mr Nili Mohamed Seghir, maitre de conférences à l'U.K.M.O,
Mr TAHAR M.A.H, maitre de conférences A à l'U.K.M.O,

Je tiens également à exprimer mes remerciements à tous les personnes de laboratoire d'Algérien des eaux (ADE) et toutes les personnes de laboratoire de l'ONA.

Et sans oublié de remercier Mr HamediAissa.

Je remercie infiniment mon groupe de recherche pour leurs soutiens (Asma Benkrima, Amel Bouhani, Aicha jaefour, Nader)

Et je remercier tous mes amis pour leur aide et leur assistance (sarahSenoussaoui, Amina Benzida,Djassem Cheloufi, SifeddineLouchaniWafiFerragi)

Je tiens à remercier tous les enseignants de mon cursus universitaire, qui ont contribué à ma formation.

Enfin je remercie toux ceux qui m'ont aidé de prés ou de loin.

Dédicaces

A mon idéal, l'être le plus généreux, mon très cher père qui m'a encouragé, ma source de force pour tenir jusqu'au bout, mon Papa, l'homme qui m'a toujours soutenu et cru en moi. Sa chaleur paternelle, m'a souvent été d'un grand réconfort. Je ne saurais le remercier assez pour tout ce qu'il a fait pour moi.

A la personne qui m'importe le plus dans ce monde, ma Maman. Elle qui a toujours été mon modèle et ma source d'inspiration. Ces conseils, sa présence et sa tendresse m'ont été et me seront toujours indispensables. Je lui suis donc éternellement reconnaissante.

A mes grands-parents, qui ont toujours œuvrés pour mon bonheur et ma réussite.

A mes très chères sœurs : YamnaWafa, SarahSafa, Meriem Hanaqui ont toujours été à mes côtés.

A mon adorable petite sœur Rayane, qui m'a souvent redonné le sourire.

A mon adorable petit fréreSouhaib.

A tous mes ami(e)s qui m'ont aidé de toute les maniéres possible et imaginable à travers leurs soutiens sans lesquels je n'aurais pas pu terminer ce travail, je pense particulièrement à Sarah Senoussaoui Amina benzida, Djassem Cheloufi, WafiFerragi, SifLouchani, IlyessMeftah, InsafBissati,

A mes camarades Amira, Nedjela, Amel, Meriem Nouar ainsi qu'à toute la promotion Ecologie et environnement de l'année 2012.

A la mémoire de ma tante

ZOHRA GADDA

A Mon enseignant

Belloula Mehdi et sa famille

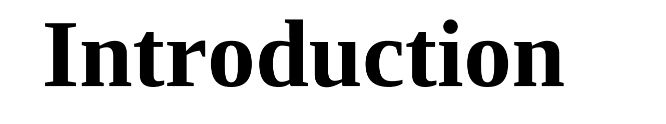
Abréviation

ADE	Algérienne des Eaux.
EPA/USEPA	US Environmental Protection Agency.
FAO	Food and Agriculture Organization (Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture).
USAID	United States Agency of International Development.
WHO (OMS)	World HealthOrganization (Organisation des Nations Unies de la Santé)
ONA	Office National d'assainissement
A.N.R.H	L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
O.N.M	Office National de Météorologie.
PP (mm)	Précipitation en millimètre
DSA	Direction des services agricoles
DHW	Directive Hydraulique de la Wilaya
DSP	Directions de la santé et de la population
EUE	Eaux usées épurées
EUT	Eaux usées traitées

Table de matière

Liste des tableaux

Liste des figures



Introduction

La réutilisation des eaux usées (REU) consiste en l'utilisation d'eaux usées plus ou moins traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) participent à la gestion intégrée des ressources en eau et à la préservation de l'environnement. Ils sont particulièrement stratégiques dans les pays arides et semi-arides de la région méditerranéenne où la pression sur les ressources en eau est forte, et qui connaissent des situations de concurrence entre les différents usages de l'eau (CONDOM, et *al* 2012).

La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, renouvelables mais limitées, notamment dans les régions arides (FAO, 2007).

Presque toutes les ressources accessibles d'eau douce dans les régions sont déjà mobilisées. Par conséquent, il est normal de se tourner vers des ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande (QADIR ET AL., 2007).

La situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'agriculture. En revanche, la production des eaux usées s'accroît, et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation (ZELLA, 1991).

Parmi les domaines de réutilisation possible des eaux usées épurées, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En fait, l'agriculture consomme plus 70 % des ressources en eaux notamment dans les pays en développement tels que les pays arabes (HAMOUDA, 2004).

Ces eaux procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libèrent un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elles constituent en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées (PAPAIACOVOU, 2001).

La dégradation de la qualité des sols à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité de ce système d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones semi-arides et arides conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des sols (BELAID, 2011).

L'étude que nous présentons est une contribution à l'évaluation de l'impact de l'irrigation par les EUT au niveau du périmètre irrigué de la région de Ouargla. L'objectif de travail est d'examiner l'état des sols en termes de salinisation, et d'évaluer l'impact des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Le travail de ce mémoire est scindé en trois parties, La première partie présente un aperçu bibliographique de la réutilisation des eaux usées et des généralités sur les propriétés physico-chimiques des sols, alors que la seconde récapitule les caractéristiques générales de la région et des sites d'étude, puis l'étude expérimentale suivie, de l'indication des différentes d'approches adoptées et des protocoles d'analyses utilisés. Les résultats des différentes analyses des eaux et des sols sont présentés dans la troisième partie, ainsi que leurs interprétations accompagnées d'une conclusion.

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre I

La réutilisation des eaux usées épurées

1. Bilan mondial

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 millions de m^3 par jour dans plusieurs pays, comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine (LAZAROVA et BRISSAUD, 2007).

Il est bien évident, que la réutilisation des eaux usées (rejets bruts ou traités) a connu une promotion à travers le monde entier, sur la base de vraies expériences (BELAID, 2010) :

- **En Amérique Latine**, environ 400 m3/s d'eaux usées brutes s'écoulent dans les eaux de surface et presque 500 000 hectares de terres agricoles sont irrigués avec des eaux usées, essentiellement sans conditionnement) (PEASY et *al*. 2000).
- **Au Mexique**, l'irrigation avec les eaux usées a débuté depuis 1926 pour l'irrigation de différents types de cultures. Ainsi, après plus de 80 ans, il existe 40départements qui réutilisent les eaux usées, dont uniquement 11% sont traitées, pour l'irrigation des terres agricoles avec une surface totale de 350 milles hectares(PEASY et *al*. 2000).
- **Aux Etats-Unis**, depuis 1955, les eaux usées sont réutilisées à des fins paysagères. En effet, outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, des lacs artificiels ont été alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées (BELAID, 2010).
- **En France**, la réutilisation des eaux épurées est peu développée. Cela est essentiellement dû à l'abondance en eau dont la consommation ne dépasse pas 24 % des ressources disponibles (LAZAROVA et BRISSAUD, 2007).
- **En Tunisie**, les EUTreprésentent 4,3% des ressources en eau disponibles pour l'année 1996, et elles vont atteindre11 % à l'horizon 2030.Elle est le premier pays de l'Ouest Méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau. Des 6400 hectares répertoriés pour l'irrigation des eaux usées traitées en 1993, 68 % sont situés autour de Tunis (BELAID, 2010)
- Au **Maroc**, la plupart des villes sont équipées de réseaux d'assainissement. La réutilisation des eaux usées épurées, seul 12% sont réutilisées actuellement. Ce taux passera à 22% en 2020.Les rejets sont utilisés pour les besoins des périmètres agricoles l'arrosage des golfs et des espaces verts,la recharge des nappes et le recyclage en industrie (R.N.M, 2011)

- En **Egypte**, la réutilisation des eaux usées est une tradition très ancienne. La superficie s'est graduellement augmentée pour atteindre 4500 hectares (FAO, 2007).
- En **Syrie**, la superficie totale des terres irriguées avec les eaux usées traitées et brutes est de 40000 hectares (CONDOM, et *al* 2012).
- En **Arabie Saoudite**, le royaume réutilisait 15% des eaux uséestraitées, pour irriguer 9000 ha de dattiers et de fourrage, notamment la luzerne (Straus et *al.*,1990in BALAID, 2010).
- L'**Australie**est l'un des continents les plus secs, la réutilisation des eaux usées concerne, entre autres, l'irrigation des cultures, des prairies et des espaces verts. Ce pays produit entre 150 à 200 x 106 m^3 /an d'eaux usées traitées, 9% sont réutilisées (CONDOM, et *al* 2012).

2. Les réglementations mondiales

L'élimination des risques microbiologiques et chimiques est le principal objectif du traitement des eaux usées destinées à être réutilisées. Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures (FAO, 2007).

2.1 Recommandations de l OMS

L'OMS a publié en 2006 de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire. Il s'agit d'une approche à barrières multiples qui cherche à protéger la santé des consommateurs. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants: le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux EU ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits (OMS, 2006).

Tableau 1 :Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (OMS, 2006).

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics[d]	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	⩽1	⩽1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	⩽1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

[a] Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.
[b] Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.
[c] Pendant la période d'irrigation.
[d] Une directive plus stricte (⩽200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
[d] Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

2.2 Recommandation de l'USPEA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency, 2004) a publié, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), des recommandations sur la réutilisationdes eaux usées traitées. Dont plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la DBO, la turbidité ou les MES et microbiologiquement seul les coliformes fécaux permet de juger la qualité de l'eau (USEPA, 2004).

Tableau 2 :Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées (USEPA, 2004)

Type of use	Reclaimed Water Quality	Treatment
Urban uses, crops caten raw, Recreational impoundments	• pH = 6 - 9 • ≤ 10 mg/L BOD • ≤ NTU [a] • No detectable fecal coli/100mL [b] • ≥1 mg/L Cl2 residual [c]	• Secondary • Filtration • Disinfection
Restricted access area irrigation, processed food crops, nonfood crops, aesthetic impoundments, construction uses, industrial cooling, environmental reuse	• pH = 6 - 9 • ≤ 30 mg/L BOD • ≤ 30 mg/L TSS • ≤ 200 fecal coli/100 mL [e] • ≥1 mg/L Cl_2 residual [c]	• Secondary • Disinfection
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by spreading	• Site specific and use dependent	• Site specifie and use dependent • Primary (minimum)
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by injection	• Site specific and use dependent	• Site specifie and use dependent • Secondary (minimum)
Groundwater recharge of potable aquifers by spreading	• Site specific • Meet drinking water standards after percolation through vasode/one	• Secondary • Disinfection • May Also need filtration & advanced wastewater
Groundwater recharge of potable aquifers by injection, augmentation of surfacesupplies	Includes Following : • pH = 6.5 - 8.5 • ≤2 NTU [a] • No detectable fecal coli/100mL [e] • ≥1 mg/L Cl_2 residual [c] • ≤3 mg/L TOC • ≤0.2mg/L TOX • Meet drinking water standards	• Secondary • Filtration • Disinfection • Advanced wastewater

[a]Should be met prior to disinfection, Average based on a 24-hour time period. Turbidity should not exceed 5 NTU at any time.
[b] Based on 7-day median value. Should not exceed 14 fecal coli/100ml. in any sample .
[c] After a minimum contact time of 30 minutes.
[d] Recirculating cooling towers
[e] Based on 7-day median value. Should not exceed 800 fecal coli/100mL. in any sample
Source : Adapted from U.S. Environmental Protection Agency [2004]

2.3Directives de la FAO

La FAO établit en 1974 des directives concernant la qualité physicochimique et d'éléments traces métalliques de l'eau d'irrigation dans lesquelles l'accent était mis sur l'influence à long terme de la qualité de l'eau, sur la production agricole, sur les conditions du sol et les techniques culturales (AYERS et WESTCOT, 1994).

Tableau 3 :Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO (AYERS et WESTCOT, 1994).

		Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
CEi	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR)				
SAR = 0-3 et CEi =		>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR = 3-6 et CEi =		>1.2	1.3-0.3	<0.3
SAR = 6-12 et CEi =		>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR = 12-20 et CEi =		>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR = 20-40 et CEi =		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)				
Sodium : Irrigation de surface Irrigation par aspersion	 SAR méq/l	 <3 <3	 3-9 >3	 >9 □
Chlore : Irrigation de surface Irrigation par aspersion	 méq/l méq/l	 <4 <3	 4-10 >3	 >10
Bore	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO3-N)	mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO3) (pour aspersion sur frondaison)	méq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Zone normale : 6.5-8.4		

3. Réutilisation des eaux usées en Algérie

3.1Situation actuelle des ressources en eau

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m^3/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m^3. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m^3/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare(Tamrabet et *al.*,2002).

3.2 Situation actuelle de la réutilisation des eaux usées

Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines. En Algérie, leur volume annuel est estimé à 600 millions de m^3, dont quelque 550 millions de m^3correspondent aux agglomérations de taille supérieure à 50 000 habitants (MRE, 2003). La capacité totale de traitement est de 4 millions de m^3 équivalent-habitants pour une population de 2,5 millions d'habitants raccordés à un réseau, cela signifie que seulement 20 % de la population raccordée à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ses eaux usées (Medkour, 2003). Selon TECSULT, 2007 les rejets à l'amont des barrages contribuent indirectement au remplissage des retenues et à la recharge des nappes, les EUE rejetées dans les chotts et la mer représentaient 77% du volume total des EUE en 2004, cette ressource est considérée comme perdue et sa valorisation devra être priorisée (Fig. 1).

3.3 Evolution des volumes des eaux épurées à l'échelle nationale

Le tiers des eaux usées épurées produites annuellement en Algérie sont potentiellement réutilisables en irrigation(HARTANI, 2004).

Selon l'étude de TECSULT, les volumes des eaux usées épurées subiront uneaugmentation annuelle de plus de 23 HM^3 alors que celle des eaux usées collectées sera d'environ 35 HM^3/An (Fig2).Le taux d'épuration actuel passera de 40% (2004) à 57% (2030).

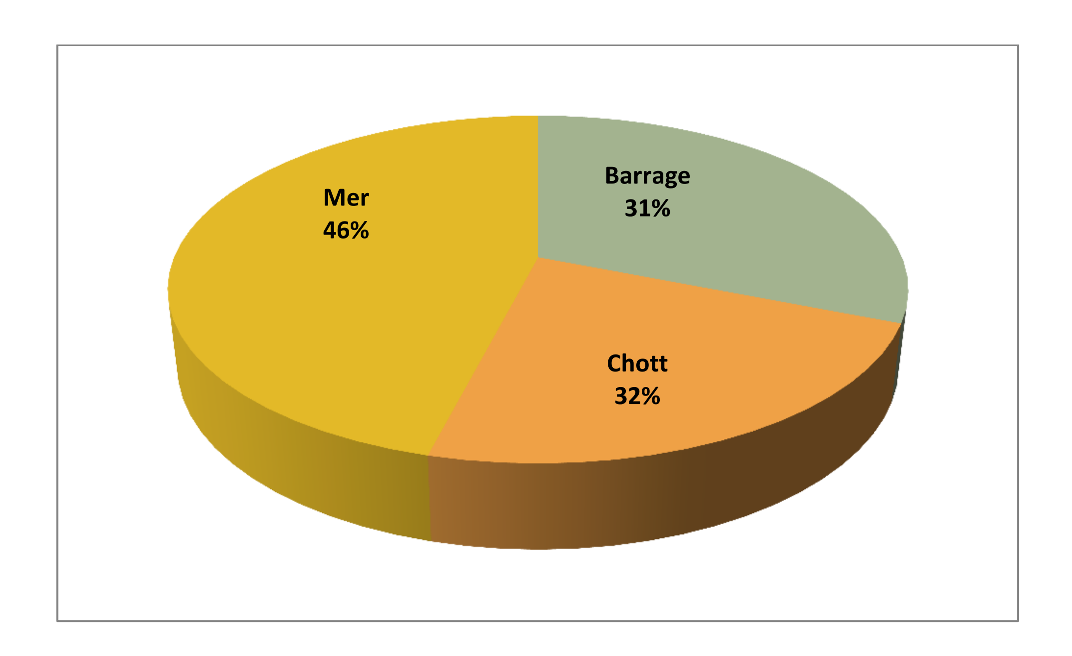


Figure 1 : Rejets des EUE (HM^3/An) par milieu récepteur (TECSULT, 2007).

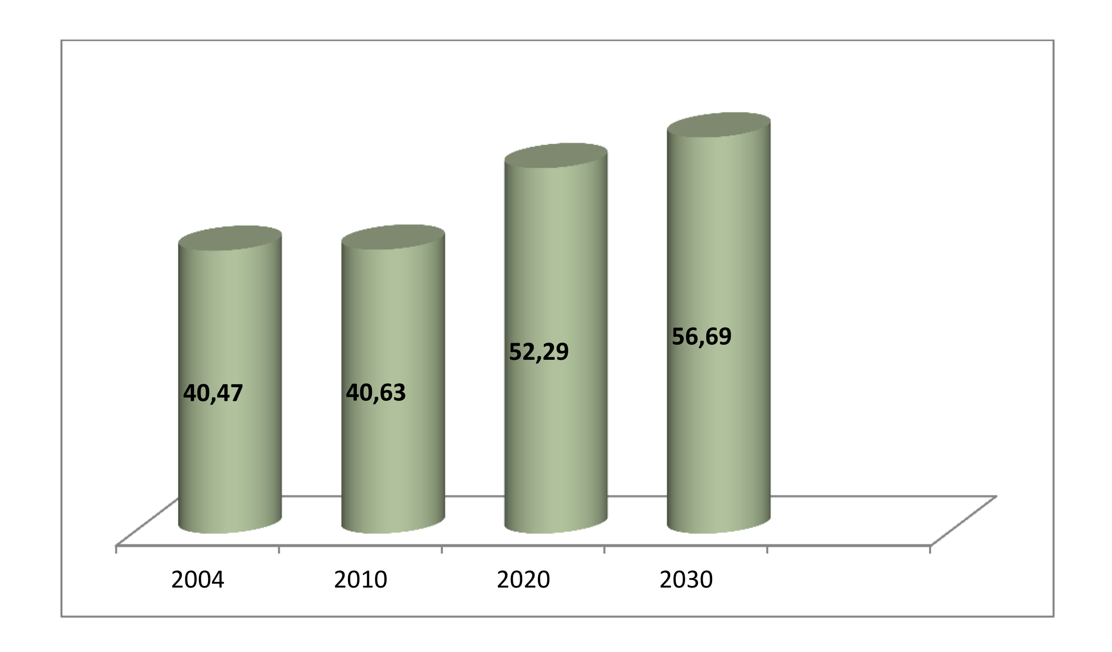


Figure 2 : Evolution des taux des EUE (HM^3/An) en Algérie (TECSULT, 2007).

3.4Situation de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

La réutilisation des eaux usées brutes en agriculture, est devenue une réalité. Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées, notamment en petite et moyenne hydraulique, reçoivent des eaux usées non traitées. Cette pratique ne cesse de se développer en avaldes centres urbains, des grandes et petites agglomérations (Tamrabet et *al.*,2007).

De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques. La confrontation besoins-ressources en eau, à l'horizon 2013, fait apparaître un déficit important qui sera comblé par l'introduction des eaux usées traitées des périmètres agricole (MRE, 2001 ; Hartani, 2004). Quatre projets totalisant une superficie 3 000 ha sont en cours de réalisation. Il s'agit du périmètre de Hennaya à partir de la STEP de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) sur une superficie de 912 ha. Le périmètre de Dahmouni (wilaya de Tiaret) sur une superficie de 1 214 ha. Le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la ville de Bordj Borj Arreridj sur une superficie 350 ha et le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane à Constantine sur une superficie de 327 ha. Des études sont en cours et portent sur trois projets totalisant une superficie de 9 000 ha. Ces projets concernent le périmètre d'irrigation de M'leta à partir de la STEP d'Oran sur une superficie de 8 100 ha. Afin de concrétiser les projets futurs de réutilisation des eaux usées épurées et afin de maîtriser les techniques utilisées dans le monde, le Ministère des Ressources en Eau (MRE) s'est engagé sur plusieurs projets (Lehtihet, 2005 in TAMRABET, 2011). Parmi ces projets, on site les deux projets pilotes de recherche entrepris en collaboration avec l'UNESCO et l'Union Européenne (UE) sur la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Il y a aussi le projet de décret réglementant la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles; et l'étude générale sur la réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle nationale qui permettra d'établir un schéma directeur de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, industriels; et de définir les volumes et les paramètres de chaque réutilisation, par une étude de faisabilité sur trois projets pilotes et d'élaborer un projet de normes de réutilisation des eaux usées épurées (TAMRABET, 2011).

3.5 Réglementation Algériennede REUE

La réglementation algérienne de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture a été préparé par les structures algériennes responsables pour l'introduction des EUE comme alternatives efficaces contre la pénurie des eaux conventionnelles à l'échelle national (Tab.4 et 5). Dans les zones sahariennes, les ressources en eaux souterraines sont vulnérables et non renouvelables, la réutilisation des eaux usées traitées on respectant les normes cité ci-dessous (voir tableaux) apparait comme une solution très conseillé (ONA SAIDA, 2010).

- **Loi 05-12 relative à l'eau :** fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien pour la collectivité nationale(ONA SAIDA., 2010).
- **Décret exécutif n° 07-149** du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées á des fins d'irrigation (Tableaux VII et VIII). Les principaux axes de ce décret sont les modalités de Concession d'utilisation des EUE, les risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter…), Les contrôles sanitaires, Le Cahier des charges-type relatif à la REUE (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Tableau 4 :Recommandations au niveau microbiologique pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture appliquées en l'Algérie(JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Catégorie d'eau usée épurée	**Culture à irriguer**	**Techniques d'irrigation**	**Critères de qualité microbiologiques**	
			Nématodes [a] (œufs / L)	Coliformes Fécaux [b] (CFU / 100 mL)
I	Irrigation des cultures maraîchères qui ne se mangent pas crues, fourrage vert et pâturage direct, irrigation des arbres fruitiers [c]	Toutes	≤ 1 ≤ 0.1[d]	≤ 1 000[e]
II	Irrigation de céréales et oléagineuses, fibres, semences, fourrages secs, fourrage vert sans pâturage direct, cultures destinées à la conserverie, cultures industrielles, arbres fruitiers, pépinières, plantes ornementales.	Surface ou localisé	≤ 1	Non requis
III	Irrigation des cultures de Catégorie II.	Localisé	Non requis	Non requis

Tableau 5 :Recommandations physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie(JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Problème potentiel en irrigation	**Unité**	**Degré de restriction à l'usage**		
		Aucun	**Léger à Modéré**	**Sévère**
Salinité Conductivité électrique ou TDS	dS/m	< 0,7 < 450	0,7-3,0 450-2 000	> 3,0 > 2 000
Infiltration SAR=0-3 et CE = 3 - 6 = 6 - 12 = 12 - 20 = 20 - 40	dS/m	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
Toxicité spécifique des Ions Sodium (Na) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Chlorure (Cl) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Bore (B)	SAR méq/L méq/L méq/L mg/L	< 3 < 3 < 4 < 3 < 0,7	3-9 > 3 4-10 > 3 0,7-3,0	> 9 > 10 >3,0
Effets divers Azote (NO_3-**N)** Bicarbonate (HCO_3)	mg/L méq/L	< 5 < 1,5	5-30 1,5-8,5	> 30 > 8,5
pH	Gamme normale 6,5 - 8,4			

(a) sur moyenne de 24 heures.
(b) sauf dérogation particulière.

Tableau 6 :Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées a l'irrigation (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Paramètre	Long terme [a] (mg/L)	Court terme [b] (mg/L)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.005	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercure	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

a : pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols.

b : pour l'eau utilisé pendant une période de 20ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins.

4 Modes de réutilisation des eaux usées traitées

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisation. Il existe des milliers de projets utilisant des eaux usées (Boxio et al. 2008), mais dans la plupart des cas, les eaux usées sont utilisées à l'état brut ou après un traitement minimal, et pratiquement aucune mesure n'est prise pour protéger la santé (OMS, 1989).

Les différents types de réutilisation sont :

A. Usage en agriculture

La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concernent des utilisations agricoles, la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles (Lazarova, 1998).

B. Usage en aquaculture

Une production de poissons à grande échelle avec des EUT est également réalisée aux Etats Unis. La plupart des étangs de loisirs qui utilisent les EUT aux Etats Unis permettent généralement la pêche. Quand des poisons sont pêchés dans ces étangs et sont destinés à la consommation humaine, la qualité du traitement des eaux doit être minutieusement évaluée (qualité chimique et microbiologique) afin d'éviter la bioaccumulation de contaminants toxiques à travers la chaîne alimentaire. Ainsi, les recommandations de l'OMS, 1989, exigent un nombre de coliformes totaux de 103 germes/100mL et l'absence d'œufs de nématode (Lazarova, 1998).

C. Usage industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées est désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau pour l'industrie (OMS, 1989). Les plus grands secteurs consommateurs de l'eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle (USEPA, 2004).

D. Usage urbain et périurbain

Les usages urbains et périurbains des eaux usées ayant subit un traitement se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations. Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voir 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espaces verts (Miller, 1990). Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces

verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines de celles en vigueur pour l'eau potable. Dans ce cas (OMS, 2006).

E. Recharge de nappes

La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité physico-chimique et/ou la diminution de sa capacité. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer. On poursuit de la sorte plusieurs objectifs :

- ✓ La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable,
- ✓ La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée,
- ✓ Le stockage des eaux pour une utilisation différée,
- ✓ L'amélioration du niveau de traitement de l'eau, utilisant de la sorte le pouvoir autoépuration du sol
- ✓ La protection de l'environnement en évitant de rejeter les effluents dans un cours d'eau ou en mer(AGENCE FRANCAISE DE DEVELOPPEMENT, 2011)

Selon ECOSSE (2011), et sur le plan mondial, la réutilisation des EUT pour l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvrent respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau (Annexe 2).

4.1 Conditionnements de l'usage

Le choix du domaine de la réutilisation des eaux usées dépend essentiellement, de la qualité des eaux épurées, des types de cultures, du système d'irrigation et des conditions édaphiques du sol(PEREIR et *al*. 2002 in BALAID, 2011). Ainsi, la connaissance de la qualité physico-chimique de ces eaux usées est fondamentale afin de prévoir les éventuels impacts sur le milieu récepteur (TOZE, 2006).

5 Risques de la réutilisation des eaux usées

5.1 Risque sanitaire

Des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes pathogènes passent dans les excrétas des personnes infectées et peuvent être transmis soit par voie (par exemple, par la consommation de légumes contaminés), soit par la peau (OMS, 1989).

5.2Le risque environnemental

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface, Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque (LAZAROVA et BRISSAUD, 2007).

A. Effets sur les eaux souterraines

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible(FAO, 2003).

B. Effets sur les eaux de surface

La concentration élevée en N et P dans l'eau usée est d'un intérêt particulier lorsque l'eau usée épurée est mélangée dans un barrage, car ces éléments peuvent créer des conditions favorables à l'eutrophisation. Dans de telles conditions, l'apparition d'algues vertes est très fréquente et il est difficile de remédier aux problèmes y associés(FAO, 2003).

C. Effets sur les cultures

Au delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée épurée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée épurée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (FAO, 2003).

D. Effet sur le sol

- **La salinisation du sol**

La salinisation du sol par une eau d'irrigation est une caractéristique physico-chimique produit par l'irrigation à cause des effets combinés de plusieurs facteurs (climat, caractéristiques du sol, topographie du terrain, techniques culturales, conduite desirrigations). En effet, chaque facteur va contribuer, selon son état, à l'accentuation ou à l'atténuation de la salinisation du sol (BELAID, 2011).

- **Qualité d'eau d'irrigation**

La qualité de l'eau utilisée en irrigation est un facteur de premier ordre dans la salinisation du sol. Les effets d'une eau d'irrigation sur le sol sont jugés à travers la concentration totale de cette eau en sels solubleset par son rapport de sodium absorbable (SAR) (Leone et *al*, 2007).

- **Mode d'irrigation**

Lorsque l'eau est de mauvaise qualité, le mode, la dose et la fréquence d'irrigation ont une influence directe sur le processus de salinisation du sol. Dans ces conditions, une dose supérieure aux besoins du sol est favorable à une lixiviation (lessivage) des sels. Ce qui permet de maintenir la salinité du sol à un niveau raisonnable surtout si le drainage interne et externe est convenable(BELAID, 2011).

- **Nature de sol**

Les caractéristiques du sol qui jouent un rôle primordial dans l'accentuation ou l'atténuation du processus de salinisation sont la texture, la perméabilité et le taux en calcaire.

VILLGARA et CAVANIGNARO (2005) ont mené une expérience d'irrigation par des eaux salées sur deux sols de texture différentes, un premier sableux et un second plutôt argileux. Ils ont constaté que la salinité a atteint des niveaux élevés dans le sol argileux. A la fin de l'expérience, la salinité est entre 15,8 et 19,1 mS/cm dans le sol à texture argileuse, alors qu'elle entre 1,2 et 6,6 mS/cm dans le sol sableux.

MIYAMOTO et CHACON (2006) ont mené une étude statistique sur l'influence de certains paramètres pédologiques sur la salinisation de sol lorsqu'il est irrigué par une eau de salinitéélevée. Ils ont constaté que les sols à texture argileuse sont imperméables ou moyennement perméables.

- **Accumulation de métaux dans le sol**

Bien que la concentration en métaux dans les eaux usées surtout traitées soit faible, l'irrigation peut, à terme, entraînée l'accumulation de ces éléments dans le sol (Rattan et *al*., 2005).

L'accumulation d'éléments métalliques (EM) suite à l'irrigation avec des eaux usées brutes est souvent constatée. Ainsi, Mapenda et *al*. (2005) ont constaté une augmentation des teneurs enEM dans les horizons de surface des sols irrigués par des eaux usées brutes durant des périodes de temps plus ou moins importantes. Les teneurs trouvées dans les horizons de surface sont largement supérieures à celles trouvées dans les horizons de subsurface(Mapenda et *al*., 2005 in BALAID, 2011).

Chapitre II

Caractéristique du sol

1. Les caractéristiques générales

1.1 Granulométrie

L'analyse granulométrie à pour but de quantifier les particules minérales élémentaires groupées en classe, et définir la composition granulométrique d'un sol.

Elle permet de classer les particules minérales constitutives des agrégats en un certain nombre de fractions par catégorie de diamètre.

L'Union International de la Science du sol (IUSS) a adopté l'échelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine (<2µ) (DADI BOUHOUNE et HAMDI AISSA, 2008).

Tableau 7: Echelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine (*in* DADI BOUHOUNE et HAMDI AISSA, 2008).

	Sol
<2µ	**Argileux**
2-20µ	**Limon fin**
20-50µ	**Limon grossier**
50-200µ	**Sable fin**
200-2000µ	**Sable grossier**

1.2 La structure

Correspond au mode d'assemblage de ses particules. Lorsque celles-ci s'agglutinent en agrégats, elles sont à l'état floculé et la structure est grumeleuse. Lorsqu'elles demeurent indépendantes les unes des autres, la structure est dite particulaire. Texture et structure commandent la porosité totale, ou pourcentage d'espace vide par unité de volume du sol, et la circulation de l'eau de l'air et des gaz ; selon les cas, le sol sera bien aéré ou au contraire asphyxiant(BAISE, 2000).

1.3 Matière organique (Carbone organique)

Les débris végétaux de toute nature, feuilles, rameaux morts qui tombent sur le sol, constituent la source essentielle de la matière organique : dés leur arrivé au sol, ils sont plus ou moins rapidement décomposés par l'activité biologique.

La matière organique est ainsi peu à peu transformée et cela donne naissance, d'une part, à des éléments solubles ou gazeux comme l'ammoniac NH_3 l'acide nitreux HNO_2, et le gaz carbonique CO_2, et d'autres part à des complexe humiques (l'humus) qui se

décomposeront, se minéraliseront très lentement très progressivement(CLEMENT et PIELTAIN, 2003).

Tableau 8: Echelles d'interprétation de la Matière organiques(I.T.A, 1975 in HAFOUDA, 2005)

MO (%)	Sol
MO< 1	Très pauvre
1 <MO< 2	Pauvre
2 <MO< 4	Moyen
MO> 4	Riche

1.4 Les sels peu solubles

- **Le calcaire**

De nombreux sols, notamment ceux qui sont développés en climat aride et semi-aride, renferment des quantités plus ou moins importantes de carbonate de calcium ($CaCO_3$). Ce carbonate de calcium, couramment appelé calcaire prend son origine soit : dans la roche-mère pédologique ou géologique ; dans l'apport par l'eau de ruissèlement et de percolation ; dans l'apport de l'eau. Un sol calcaire est un sol qui contient une partie ou sur la totalité du profil de $CaCO_3$. Le calcaire étant présent soit dans les particules fines (<2mm), soit dans les cailloux (fraction grossière).Dans les sols le calcaire peut se présenter sous forme diffuse ou sous différentes forme d'accumulation à savoir pseudo-mycéliums, taches, amas friables, nodules, encroutements, croutes et dalles calcaires. Il forme ainsi les horizons calciques et pétrocalciques(BAISE, 2000).

Tableau 9: Echelle d'interprétation de Calcaire Total (BAISE, 2000).

CaCO3 (%)	Sol
CaCO3<1%	Non calcaire
<1CaCO3<5%	Peu calcaire
5<CaCO3<25%	Modérément calcaire
25<CaCO3<50%	Fortement calcaire
50<CaCO3<80%	Très fortement calcaire
CaCO3>80%	Excessivement calcaire

- **Le Gypse**

Le gypse est un élément très fréquent dans les sols salins et dans les formations des régions arides et semi-arides, le gypse est soluble que le calcaire et le bicarbonate de calcium ; il donne ainsi des phénomènes de dissolution et de présentation analogues a ceux du calcaire, mais dans lesquels le gaz carbonique n'intervient pas. Il est souvent associé aux sels de magnésium et de sodium dans les efflorescences et les pseudomycéliums des sols et de formation précitée. La présence de faibles quantités de gypse dans le sol ne gêne pas la majorité de des cultures.

Sa solubilité est non négligeable, sa densité est plus faible que celle des constituants minéraux habituels des sols (CLEMENT et PIELTAIN, 2003).

2. les caractéristiques physico-chimiques :

2.1 Le pH

Le pH est L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression, on utilise logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+(CLEMENT et PIELTAIN, 2003).Il est mesuré par un pH mètre à électrode en verre.

Dans les zones arides, la gamme relative aux sols s'étant d'un PH légèrement inférieur à 7 à un pHd'environ 9 (BUCKMAN et *al*. 1965 in BACI., 1982).

Tableau 10: Echelles d'interprétation de pH : extrait 1/2.5 **(**BAIZE, 2000).

pH	Sol
pH< 3,5	**Hyper acide**
3,5<pH<5	**Très acide**
5 <pH< 6,5	**Acide**
6,5 <pH<7,5	**Neutre**
7,5 <pH<8,7	**Basique**
pH>8,7	**Très basique**

2.2 Conductivité Electrique du sol (C.E)

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement les concentrations des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinisation (CLEMENT et PIELTAIN, 2003).

En science du sol, la conductivitéélectrique (CE) est exprimée à une température de 25°C. Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT., 1978).

Tableau 11: Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT., 1978).

CE dS/m à 25°C	Degrés de salinité
CE ≤ 0,6	**Sols non salés**
0,6 < CE ≤ 1,2	**Sols peu salés**
1,2 < CE ≤ 2,4	**Sols salés**
2,4 < CE ≤ 6	**Sols très salés**
CE>6	**Sols extrêmement salés**

2.3 Les sels solubles

La mesure de la salinité totale du sol est indispensable pour connaitre le type de sol auquel on a à faire. Mais les propriétés de ces sols différents fortement suivant la composition et la concentration des sels présents. L'indentification des sels solubles sur l'extrait permet de fournir des renseignements sur les principaux sels présent dans les sols et d'envisager l'étude de l'évolution de leur salinité surtout lorsque ces sols sont soumis à l'irrigation avec une eau salée.

Le SAR donne des indications sur le d'alcalinisation du milieu. L'alcalinisation estbasse si SAR <4, faible si SAR est compris entre 4 et 8, moyenne si 4 <SAR<8, forte si SAR est entre 12 et 18 et très élevés si SAR >18 (SEVANT et *al.*1966 inBOUTELLI, 2012)

Deuxième partie

Matériels et méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1 Localisation

Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara algérien. Elle se situe approximativement à 750km d'Alger (Fig. 3). La vallée de Ouargla s'étend sur une superficie d'environ 100 000 ha.

Elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Djelfa et la wilaya d'El Oued ;
- A l'Est par la Tunisie ;
- Au Sud par la wilaya de Tamenraset et la wilaya d'Ilizi ;
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaia (figure. 1) (A.N.R.H, 2010).

La ville de Ouargla occupe le centre d'une cuvette endoréique dans la basse vallée d'OuedMya (134 m d'altitude) appelée : Cuvette de Ouargla. Elle s'étend sur une longueur de 45 kmdans la direction sud-ouest, et une largeur de 2 à 5 km dans la direction nord-est.

Les coordonnées géographiques de la cuvette de Ouargla sont comprises entre :

- Les longitudes 5°15' et 5°25' Est.
- La latitude 31°55' et 32°00' Nord (A.N.R.H, 2010).



Figure 3 :Situation de la cuvette de Ouargla (BONNARD et GARDEL, 2003).

1.2Cadre géologique et pédologique

- **Cadre géologique général**

La région d'étude fait partie du Bas Sahara qui se présente en cuvette synclinale dissymétrique, et qui est caractérisée par un remplissage sédimentaire, constitué d'une alternance de terrains perméables et imperméables (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). On peut distinguer dans la région de Ouargla :

a. **LeQuaternaire :** formé de dépôts sableux de 15 m d'épaisseur, en moyenne.
b. **le Mio-Pliocène** : il est formé d'une alternance de sable et d'argile et repose en discordance sur le Sénonien. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de150 m.
c. **le Sénonien-Eocène** : formé de dolomies, de calcaires dolomitiques avec des Intercalations de marnes et d 'argiles, reconnu sur une épaisseur de 360 mètres et repose sur la série imperméable du Sénonien lagunaire.
d. **le Turonien** : formé de calcaires fissurés et constitue un aquifère captif dans la région de Hassi Messaoud. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 60 m et repose sur un substratum imperméable du Cénomanien anhydritique et argileux.
e. **l'Albien** : il correspond à la série supérieure du Continental Intercalaire. Il est essentiellement gréseux formant un important aquifère captif reconnu sur une épaisseur de

400 m, reposant sur substratum imperméable (Aptien).

f. **le Barrémien :** il est essentiellement sablo gréseux.

- **Le cadre pédologique**

Les sols de la cuvette de Ouargla sont caractérisés à dominance par l'halomorphie et l'hydromorphie. Les facteurs ayant une influence sur la nature de ces sols sont le climat, principalement la période prolongée de l'évaporation (DUTIL, 1971 in BOUTELLI, 2012), le contexte géologique avec les évaporites du Trias et du Sénonien et les concentrations de sel gemme de Plioquaternaire, et enfin la nappe phréatique constituant un réservoir à diffusion des sels à travers tout le profil pédologique (IDDER, 1998).

Pour la mise en évidence du caractère d'halomorphie des sols de la cuvette de Ouargla, IDDER (1998) a étudié cinq (05) profils, choisis dans différentes régions de la cuvette, afin de décrire les principaux types de sols rencontrés dans la région. Après étude des profils salins, sodiques et ioniques, l'auteur a conclu qu'à l'exception de certains sols de la périphérie nord, les sols de la cuvette présentent un caractère fortement salin à très fortement salin, dominé par le chlorure de sodium. Il a signalé que la salinité dans les

profils augmente de bas en haut, atteignant une conductivité électrique de 50mS.cm-1dans les horizons de surface. Comme il a noté que malgré le taux de sodium échangeable qui dépasse 15% dans tous les profils, traduisant le fort caractère sodique des sols de la cuvette, ces derniers présentent généralement des structures non dégradées.

La texture de ces sols est généralement sableuse ou sablo-limoneuse. La structure est particulaire, parfois avec une structure polyédrique mal développée. Leur compacité est faible, leur couleur est brun rougeâtre, brun clair ou beige. Le pH varie de 7,6 à 8,4. Les sols sont donc à réaction moyennement basique, pouvant être expliquée par la forte proportion d'ions Na+ dans la solution du sol. Le gypse est fréquent dans de nombreux sols (KHADHRAOUI, 2007).

L'étude de l'occupation du sol dans la région de Ouargla a été effectuée en se basant sur une image satellitaire qui a été enregistrée le 23/03/2000 par le capteur ETM+ embarqué à bord du satellite LandsatDans la (Fig.2)et le (Tab.12)ont consignés la répartition des sols de la région d'étude.

Figure 4: Image d'occupation du sol de la cuvette de Ouargla(BONNARD et GARDEL, 2003).



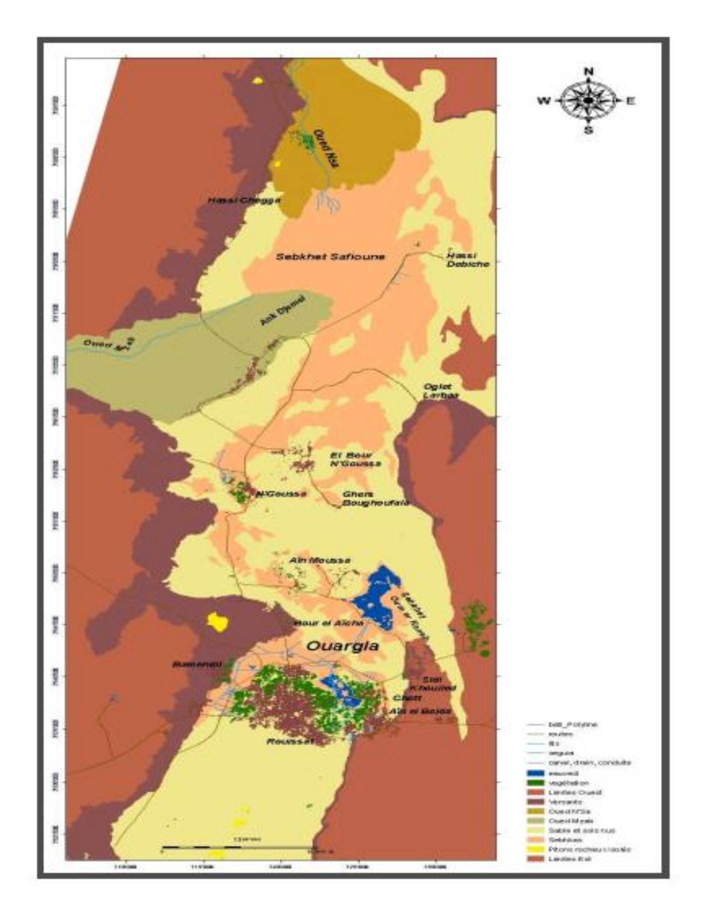


Tableau 12:Répartition des sols selon (BONARD et GARDEL, 2003)

Classification du sol	Surface totale cuvette (hectares)	Surface de la zone de Ouargla (hectares)
Sable et sols nus	55461	3094
Sebkhas	32011	2023
Zone bâtie	3214	2354
Eau	1105	243
Végétation	3183	2286

1.3 Propriétésphysico- chimiques des sols de la région de Ouargla

Les études indiquent que

- La majorité des sols sont salés, mais il n'ya pas d'alcalinisation du complexe absorbant ;
- le type de salure est sulfaté cacique jusqu'à 6 mmbos/cm, chloruré-sodique ;
- les ions sont représentés par les chlorures et les sulfates, les teneures en bicarbonates sont toujours faibles. Les teneurs en carbonate sont nulles ;
- les cations sont représentés par le sodium. Le calcium se trouve sous forme de gypse ; il est donc peu soluble. Les teneurs en potassium sont toujours faibles ;
- le pH est légèrement alcalin et varie entre 7.5 et 8.5 ;
- les teneurs en matière organique sont très faibles provenant essentiellement de la fumure appliquée dans la palmeraie (HAFOUDA, 2005).

1.4 Ressources hydriques

Les ressources en eau sont d'origine souterraine à Ouargla, comme dans la plupart des oasis sahariennes. Dans tout le Sahara septentrional, elles sont contenues dans les deux grands aquifères du Continental Intercalaire (CI) à la base et du Complexe Terminal (CT) au sommet. A ces deux réservoirs s'ajoute la nappe phréatique.

➢ **Continental Intercalaire**

Sa salinité varie entre 1,5 et 2,5 g/l. Elle est profonde et varie de 1000 à 1500 m avec une température à la surface, pouvant atteindre 66°C et une teneur en sels variable de 2 à 5 g/l (BRLBNEDER, 1999).

Selon l'A.N.R.H(2005), les prélèvements dans la nappe du CI, dans la wilaya de Ouargla, sont passés de 2,41 m^3/s en 1989, à 4,41 m^3/s en 1998, pour atteindre 4,51 m^3/s en 2004. Selon la même source, en 2004, les prélèvements ont atteint 1,24 m^3/s au niveau de la cuvette de Ouargla.

- **Complexe terminal**

Elle est constituée par deux principales formations, l'une des sables captée à une profondeur d'une centaine de mètres et l'autre des calcaires qui est relativement plus profonde. Cette eau est plus ou moins chargée, la salinité relativement élevée (pouvant atteindre les 7g/l de résidu sec) (KHADRAOUI, 2007).

Selon l'A.N.R.H (2005), les prélèvements dans la nappe du CT dans la wilaya de Ouargla, sont passé de 7,04 m^3/s en 1989, à 9,32 m^3/s en 1998 et ont atteint 11,98 m^3/s en 2004.

- **Nappe phréatique**

La nappe phréatique de la basse vallée de l'Oued M'ya est contenue dans les sables fins moyennement argileux, rarement grossiers au sud de Ouargla.Cette nappe couvre la totalité de la superficie de la cuvette de Ouargla. La profondeur de son niveau statique est très variable selon les conditions climatiques (été-hiver), allant de 0 à 11 m. Les eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla se caractérisent par des pH, allant de 6,4 à 8,97 et par des conductivités qui varient selon la zone et la saison. Les minima allant de 2,6 à 4 mS/cm, alors que les maxima (96 à 416 mS/cm). En tenant compte des caractéristiques physico-chimiques des eaux de drainage (très chargées en sels), alimentant cette nappe (CHAICH, 2004).

1.5 Population de la cuvette de Ouargla

La population de la cuvette de Ouargla a augmenté de 47 000 habitant en 1977 à 254 411 habitants en 2011 (DPAT, 2012).

En 2001, la population de l'agglomération de Ouargla, comprenant ses communes, Rouissat et Ain Beida a été estimée à 176 000 habitants, à l'horizon 2015, la population atteindra 270 000 habitants et 400 000 à l'horizon 2030.

1.6 Contexte climatique

Le climat de Ouargla est particulièrement contraste malgré la latitude relativement septentrionale. Son climat sec, désertique possède une aridité bien exprimée par des précipitations faibles et irrégulière et une sécheresse permanente (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

A. Données météorologiques

- **Températures**

Dans cette région l'hiver est trop froid, comportant d'importants risques de gelées et pendant l'été, le climat est trop chaud. La région de Ouargla est caractérisée par une température très élevée et une température moyenne annuelle de 23,58°C pour la période

2002-2012. La moyenne des minima du mois le plus chaud est atteinte au mois de juillet, avec 44,12°C. La moyenne des minima du mois le plus froid est enregistrée au mois de janvier 5,05°C (tab. 13).

Tableau 13 :Moyennes mensuelles des températures (TM, tm, T) enregistrées à Ouargla durant la période (2002-2012) (O.N.M, 2012).

	Janv	**Févr**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Déc**
TM	19,50	21,1	25,83	30,9	35,63	40,24	44,12	43,94	38,04	32,4	24,68	19,62
Tm	5,05	6,59	9,66	14,6	19,29	24,42	27,82	26,99	22,43	17,14	9,73	5,34
T	**12,27**	**13,75**	**17,89**	**22,98**	**27,76**	**32,86**	**36,18**	**35,22**	**30,32**	**25,45**	**17,84**	**12,59**

(**TM :** Température maximale, **Tm :** température minimale, **T :** température moyenne)

- **Précipitations**

Les précipitations sont faibles et irrégulières pour la période 2002-2012, elles sont très faibles au mois de mai et juillet, avec respectivement 2 mm et 3,5mm atteignant leur maximum au mois de janvier avec 102,8mm. Le volume du cumul annuel des précipitations est de l'ordre de 35,77 mm (tab. 14).

Tableau 14 : Précipitations moyenne mensuelles enregistrées dans la région de Ouargla durant la période 2002-2012(O.N.M, 2012).

	Janv	**Févr**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Déc**
P(MM)	102,8	13,8	62,3	16,8	2	6,3	3,5	16,5	39,1	64,8	60,9	15,8

(**P** : Précipitation)

- **Insolation**

La région de Ouargla est caractérisée par ses fortes insolations.La durée moyenne de l'insolation est de 270,51 Heures/mois, avec un maximum de 329,45 heures par mois en juillet et un minimum de 213,32 heures par mois endécembre (tab. 15).

Tableau 15 : Insolation moyenne mensuelle enregistrée dans la région de Ouargla durant lapériode 2002-2012(O.N.M, 2012).

	Jan	**Fév**	**Mar**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Déc**
ns(h)	244	239,08	262	281,41	295,20	279,57	329,45	327,55	267,4	260	246,8	213,3

(**Ins** : insolation)

- **Les vents**

Les vents sont fréquents toute l'année, durant la période 2002-2012.L'Office national de la météorologie a enregistré une vitesse moyenne annuelle de 3,98 m/s. un maximum de 4,12m/s en juin et un minimum de 2,38 m/s en décembre (Tab. 16).La direction dominante des vents dans la région de Ouargla est Nord-Nord Ouest.

Tableau 16 : Vitesses moyennes mensuelles des vents enregistrées dans la région de Ouargladurant la période 2002-2012(O.N.M, 2012).

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
V (m/s)	2,68	3,23	3,57	4,03	3,87	4,12	3,58	3,16	3,16	2,93	2,49	2,38

(**V** : Vitesse moyenne des vents, **Vm**: Vitesse moyenne annuelle des vents)

- **Humidité relative**

L'humidité de l'air est très faible. La moyenne annuelle est de 44,01 %. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 26,6 % au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation, et des vents chauds, alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 60,67% au mois de janvier.

Tableau 17 : Humidité relative moyenne mensuelle enregistrée dans la région de Ouargla durant la période 200é-2012(O.N.M, 2012).

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
H %	60,67	51,25	45,6	38,5	34,15	29,15	26,6	28	39,6	45, 6	56	59,35

(**H** : Humidité relative)

B. Synthèse climatique

- **Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen**

Le diagramme ombrothérmique de Bagnouls et Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides d'une région donnée. Ce diagramme est obtenu en portant en abscisse les mois de l'année et en ordonnées les températures d'un côté et les précipitations de l'autre, tout en considérant l'échelle des précipitations comme étant le double de celle des températures (DAJOZ, 1982).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen met ainsi en évidence une période de sécheresse permanente pour Ouargla, qui s'étend tout au long de l'année (Figure3).

- **Climagramme d'EMBERGER**

Le climagramme d'EMBERGER permet de se renseigner sur le caractère xérique d'un biotope. Il dépend des températures minimales et maximales et des précipitations, et se calcule par la formule de STEWART (1995), qui se présente ainsi :

$$\mathbf{Q_2 = 3{,}43 \times P / (M\text{-}m)}$$

Ou :

- Q^3 : coefficient pluvio-thermique.
- P : précipitations moyennes annuelles en mm.
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.

- m : moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Pour la région de Ouargla, le Q_2 est de 3,15, ce qui situe notre région d'étude dans l'étagebioclimatique saharien à hiver doux, comme le montre la figure 3.

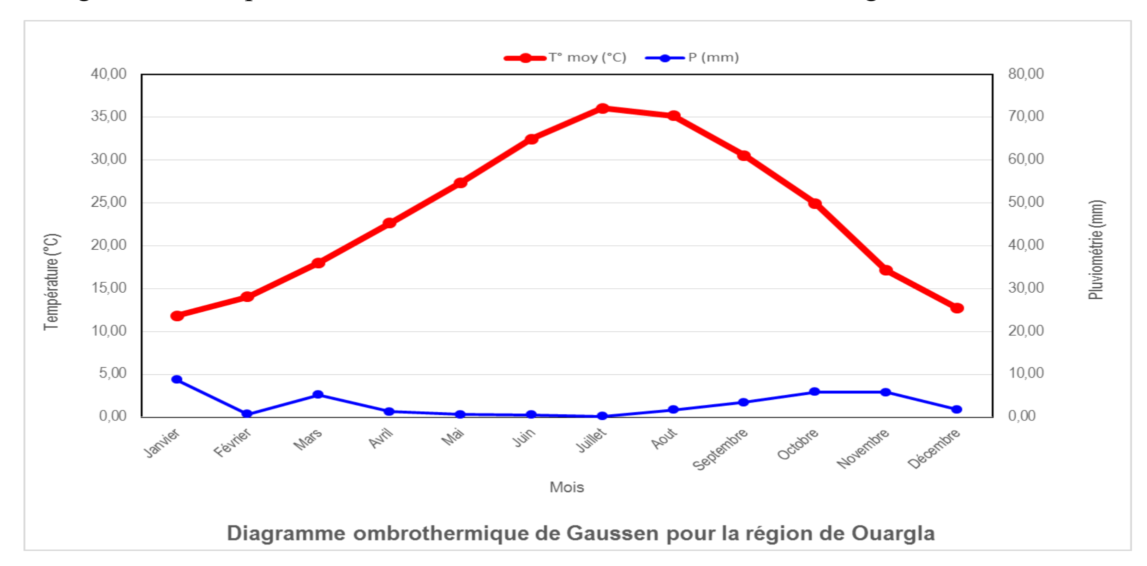


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'Ouargla (2002-2012).

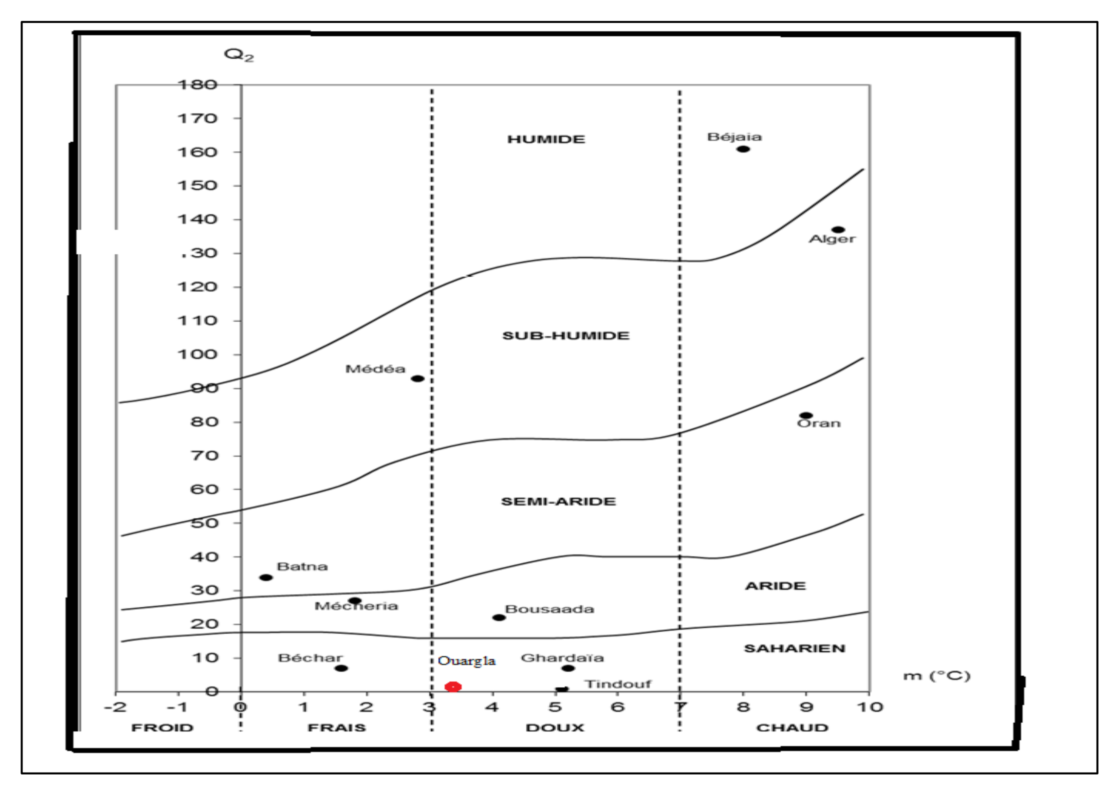


Figure 6: Climmagrame d'Emberger de la région de Ouargla (2002-2012).

2.Présentation de la zone d'étude (Station d'épuration STEP) de Ouargla

2.1 Traitement des eaux usées

L'accroissement démographique de la population, et l'extension des villes algériennes et parmielle, la ville de Ouargla, aconnu une croissance galopante dans laconsommation d'eau potable et d'irrigation, d'ou, une augmentation du volume des eaux usées rejetées.

A cet effet, les eaux usées qui ont une part dans la dégradation de l'environnement et qui risquent de constituer à l'avenir la cause essentielle de la pénurie d'eau, en polluantles eaux souterraines de la nappe phréatique qui représente la seule source de consommation d'eau de la ville. Elle peut engendrer aussi des problèmes de santé, sans oublier que la ville de Ouargla est située dans une zone de climat aride et que nous vivons un temps ou la demande en eau est très importante. Et pour limiter au mieux ces problèmes, les eaux usées sont envoyées dans des station d'épuration qui constituent un ensemble de dispositifs conçus pour extraire, au fur et à mesure, les différents polluants de ces eaux. Cette station, qui devrait à terme traiter l'ensemble des eaux usées urbaines de la cuvette de Ouargla, est conçue pour fonctionner selon le procédé de lagunage aérée.

2.2 Localisation géographique

La station de lagunage de Ouargla, mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA. Elle se situe dans la région de Saïd Otba au nord de la RN 49.

Le site d'implantation est limité:

Au nord : par le drain existant.

Au sud : par un terrain vague se prolongeant jusqu'aux constructions traditionnelles.

Au sud-est : par des palmeraies.

A l'ouest : par le drain existant.

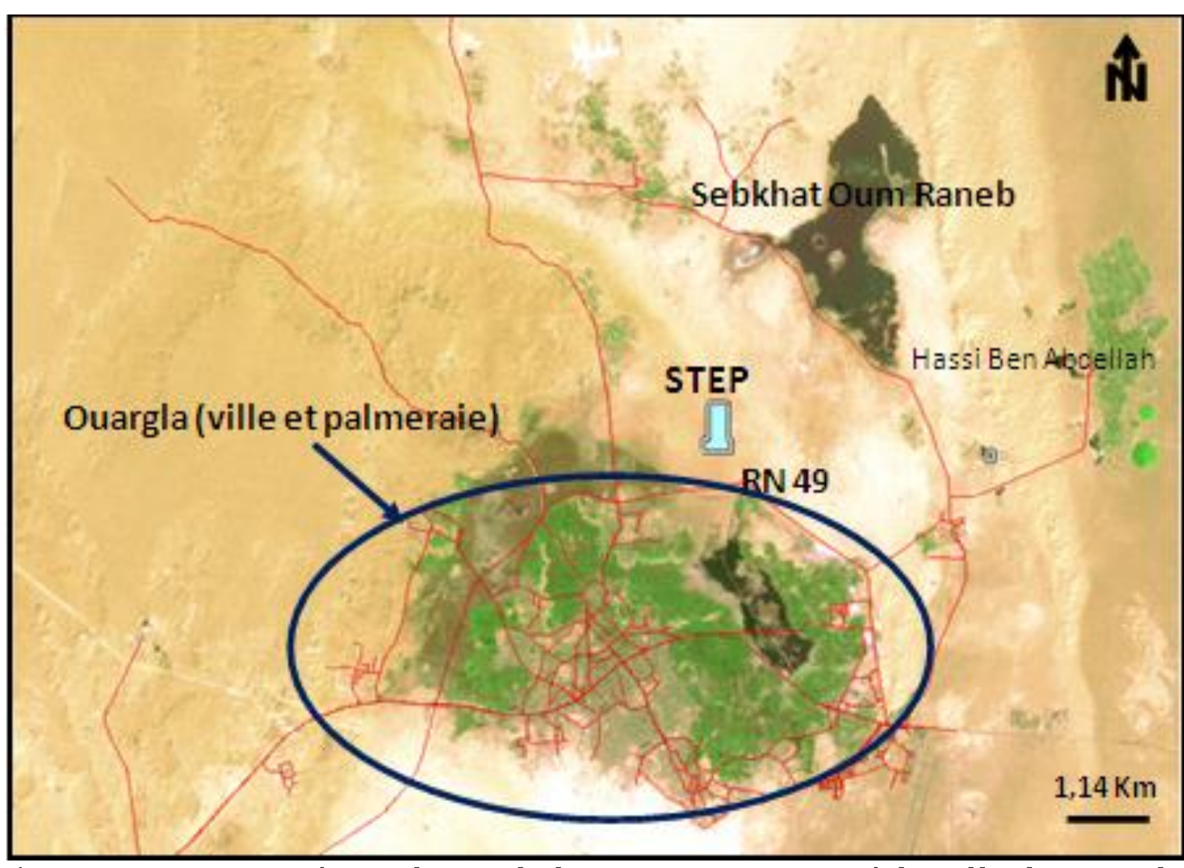


Figure7: Situation géographique de la STEP par rapport à la ville de Ouargla.

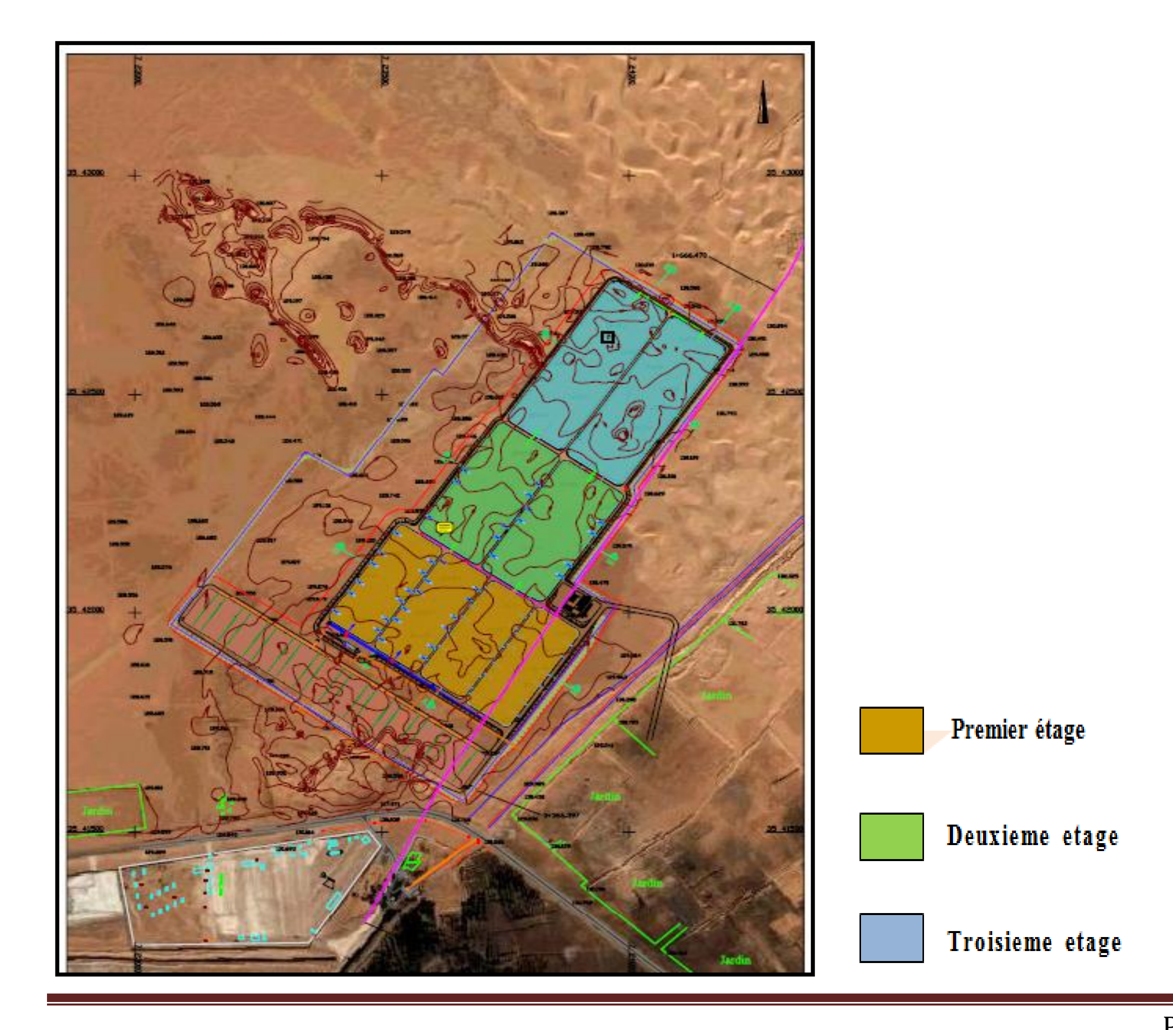


Figure 8:Schéma de la station d'épuration de Ouargla (DYWIDAG, 2010).

2.3 Amenée des eaux usées en entrée de la station

Les eaux usées à traiter arriveront à la station d'épuration par l'intermédiaire de cinq stations de refoulement.

- **Refoulement 01** : conduite d'amenée des eaux usées DN 600mm de la station de pompage nœud hydraulique de Chott.
- **Refoulement 02** : conduite d'amenée des eaux usée DN 315 mm de la station de pompage Sidi Khouiled.
- **Refoulement 03** : conduite d'amenée des eaux usées DN 400mm de la nouvelle station de pompage Caserne/Hôpital.
- **Refoulement 04** : conduite d'amenée des eaux usées DN 500mm de la station de pompage Douane.
- **Refoulement 05** : conduite d'amenée des eaux usées DN 700mm de la station de pompage route N'Goussa.

Ces conduites débouchent dans un regard de dégazage. Ce dernier assure une oxygénation naturelle des eaux brutes (Annexe 3). Cette opération permet d'évacuer le H_2S qui pourrait se former dans les conduites de refoulement,à partir du regard de dégazage, les eaux brutes débouchent dans un canal, regroupant les installations de dégrillage et de dessablage.

2.4 La filière de traitement

La filière de traitement retenue est constituée :

- **Du prétraitement**

Leprétraitement comporte les éléments suivants :

a- Dégrillage

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) (annexe 4), disposés en parallèle. Un canal de secours équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposé en parallèle permet de by-passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques.Les refus de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminés au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets (S.T.E.P. Ouargla, 2009).

b- Dessablage

Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23m de long. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chaque chenal. Une pompe permet l'extraction des sables vers un classificateur à sable. Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphoïde. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'et pas équipé d'un système de déshuilage (S.T.E.P. Ouargla, 2009).

c- Repartiteur

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage (Annexe 6). Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service (S.T.E.P. Ouargla, 2009).

- **D'un premier étage du traitement par lagunage aéré**

Les effluents sont répartis entre les quatre lagunes grâce à un répartiteur. Dans l'étage d'aération, l'oxygénation est assurée par un aérateur de surface (Annexe 7). Cette aération mécanique favorise le développement des bactéries qui dégradent la matière Organique et assimilent les nutriments. Le temps de séjour minimal dans les lagunes d'aération du premier étage est supérieur ou égal à 5 jours (S.T.E.P. Ouargla, 2009).

- **D'un second étage de traitement par lagunage aéré**

Au deuxième étage, le nombre d'aérateurs et de bassins est inférieur au premier. Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées de 1er étage vers les lagunes aérées dudeuxième étage (Annexe 8). Actuellement il n ya qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage (S.T.E.P. Ouargla, 2009).

- **D'un troisième étage de traitement par lagunage de finition**

Les eaux sortant des lagunes aérées du deuxième étage sont dirigées vers les deux lagunes de finition.C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique. Cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées), Actuellement il ya qu'une seule

lagune qui fonctionne au niveau de cet étage.
En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits (S.T.E.P. Ouargla, 2009).

- **Des lits de séchage des boues**

Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes à l'air libre sur des lits de séchage. Ces lits de séchage sont des bassins recouverts de couches successives disposées comme suit :

- Une géo-membrane ;
- Un géotextile ;
- Une couche de gros gravier ;
- Une couche de gravier fin ;
- Une couche de sable (STEP ouargla, 2009).

2.5 Sortie des eaux traitées:

Les eaux rejetées par la S.T.E.P et les eaux issues de drainage sont conduites de Ouargla jusqu'à sebkha safioune, située à environ 40 km au nord.



Figure9: sorties des eaux traitées.

3. Présentation de la station d'étude

Les parcelles agricoles dont on a effectué l'échantillonnage sont installées au nord de la station d'épuration des eaux usées de Ouargla (STEP), ce qui facilite notre objectif d'étudie l'impact des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des ses sols irrigué.



Figure 10: station d'étude (les parcelles agricoles) (Google Earth., 2013).

Troisième partie

Résultat et discussion

I. Approche socio-économique

- **Localisation géographique**

Les périmètres De la STEP sont localisés au Nord-est de la commune de Ouargla.

- **Démarche analytique**

1. Propriétés des exploitants

1 .1 Age des exploitants

La majorité des exploitants ont plus de 30ans, ils représentent 57% de l'effectif total, ceux de plus de 40ans représentent 29%, la dernière catégorie de plus de 50ans figure 14%.

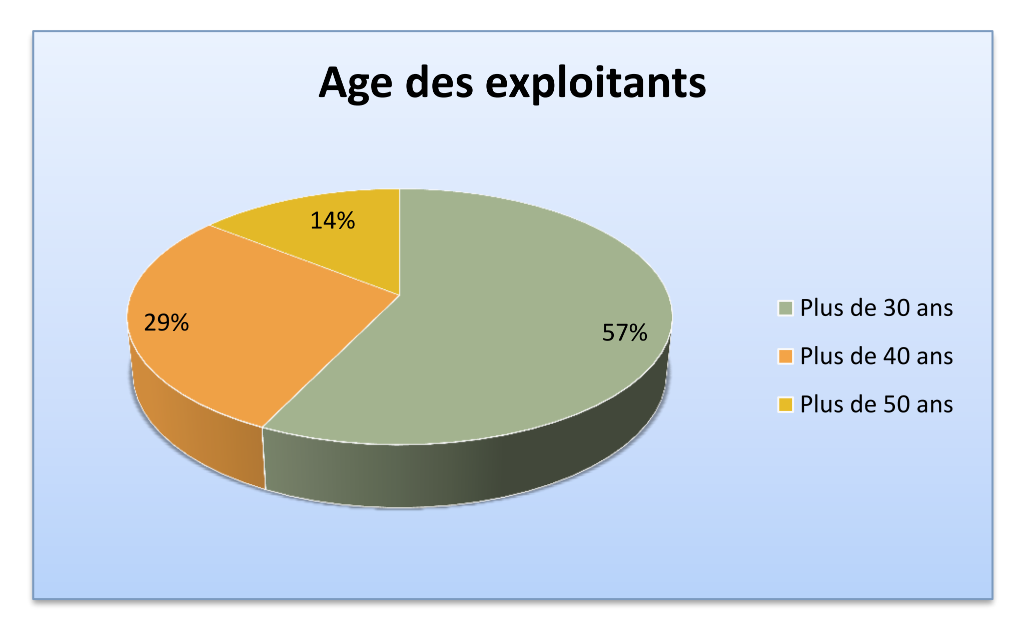


Figure 15 : Age des exploitants.

1.2 Nature de l'activité

La majorité des exploitations pratiquent l'agriculture comme activité principale D'après la figure 14 :

- 82% des exploitants pratiquent l'agriculture secondairement
- 18% d'entre - eux pratiquent cette activité principalement (figure 16).

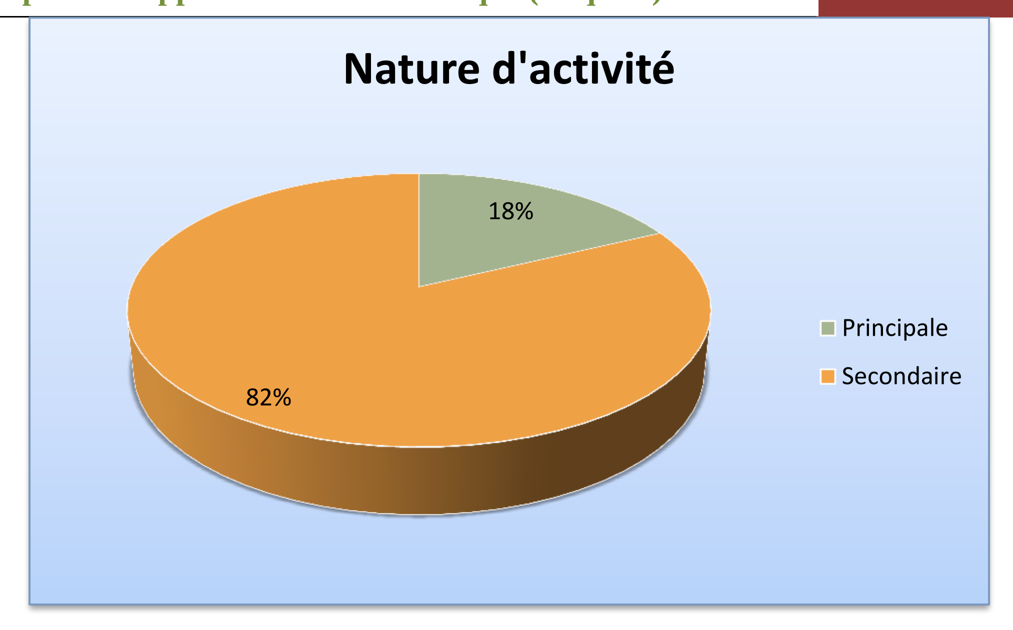


Figure 16 : Nature d'activité.

1.3 Niveau d'instruction

La plupart des exploitants des périmètres enquêtés, leur niveau d'instruction diffère comme c'est montré dans la figure 15 :

- 93% sont sans niveau
- 7% ont un niveau universitaire (figure 17).

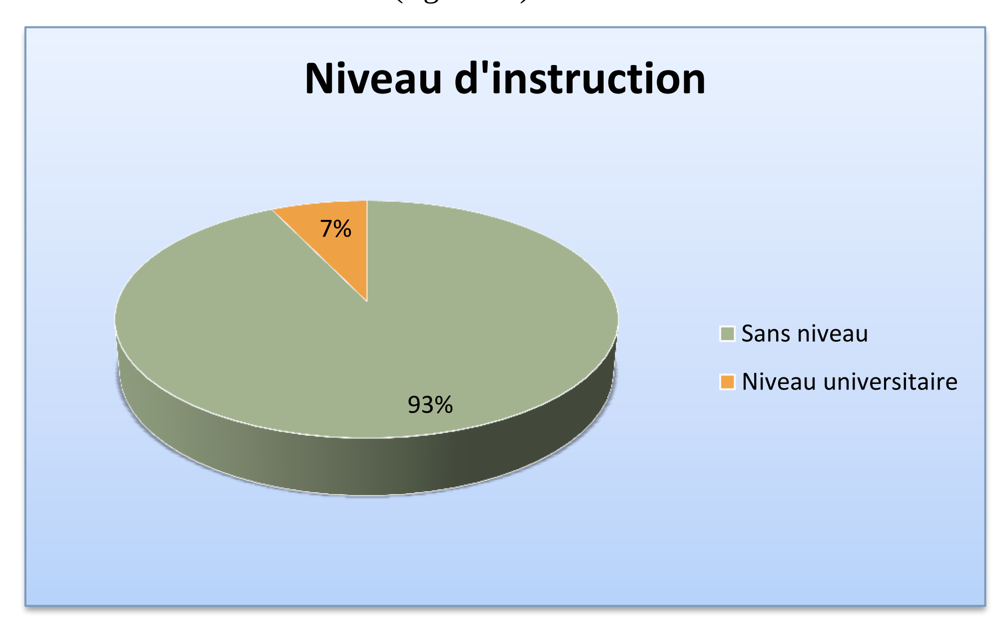


Figure 17 : Niveau d'instruction

1.4 Nombre de propriétaires pour une exploitation (statut)

Nombre de propriétaires répartis, comme suit :

- 57% représentent des privés ;
- 21% représentent les biens publics ;
- 14% constituent la propriété de l'état ;

-4% représentent héritage ;

-4% représentent des achats auprès des concessionnaires (figure 18).

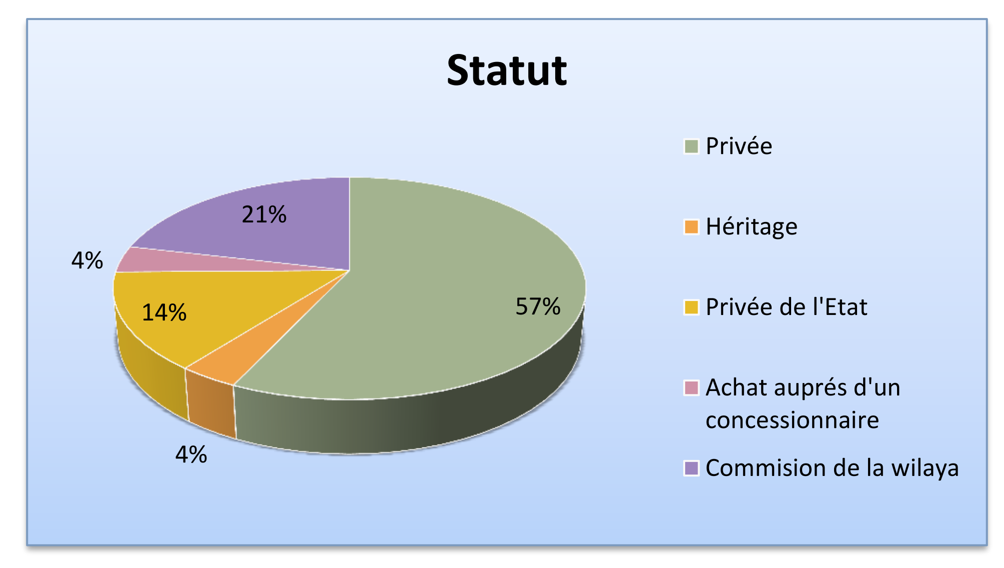


Figure 18 : Statut.

1.5 Maladies engendrées après irrigation

Parmi les périmètres enquêtés, aucune maladie hydrique à signaler à la suite des irrigations (figure 19).

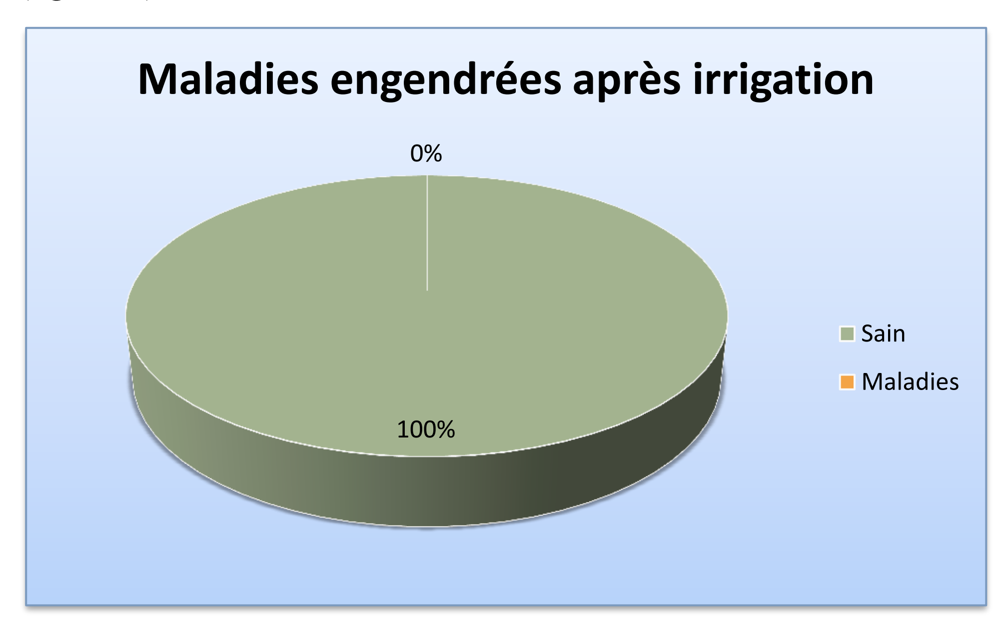


Figure 19 : Maladies engendrées après irrigation.

2. Propriété d'exploitation

2.1 Localisation géographique et distance par rapport à la STEP

Parmi les exploitations enquêtées la figure 20 indique que ; 28% des périmètres sont loin de la STEP de 1000 m; 60% des exploitations sont loin de la STEP de plus de 1000m, et 11% moins de 1000m.

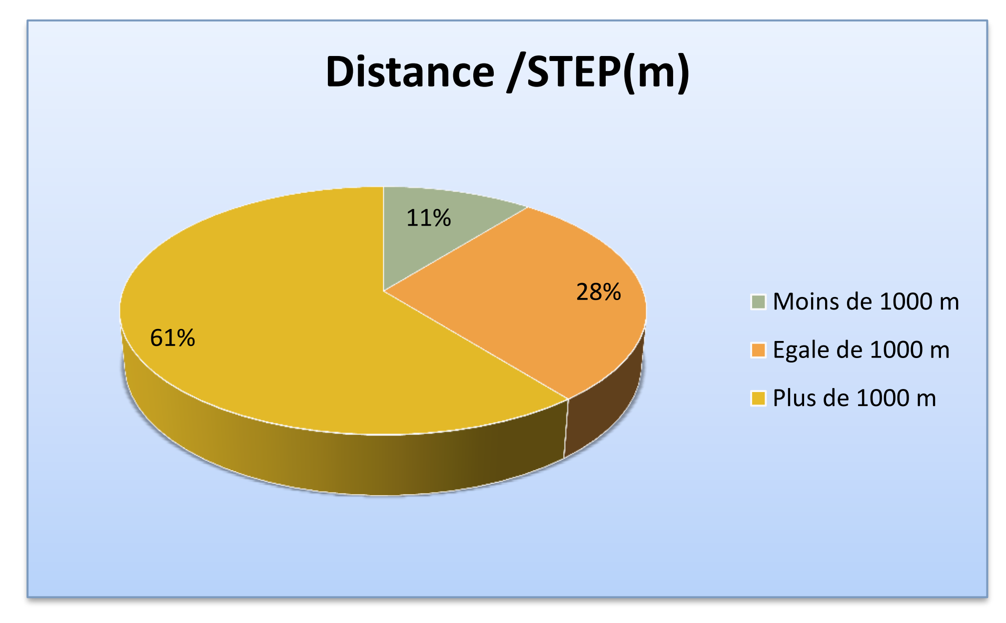


Figure 20 : Distance : STEP(m).

2.2 Positionnement par rapport / STEP

La figure 21 montre que 82% des périmètres enquêtés sont situés droit à la STEP ; et18% sont situés à gauche de la STEP (figure 22).

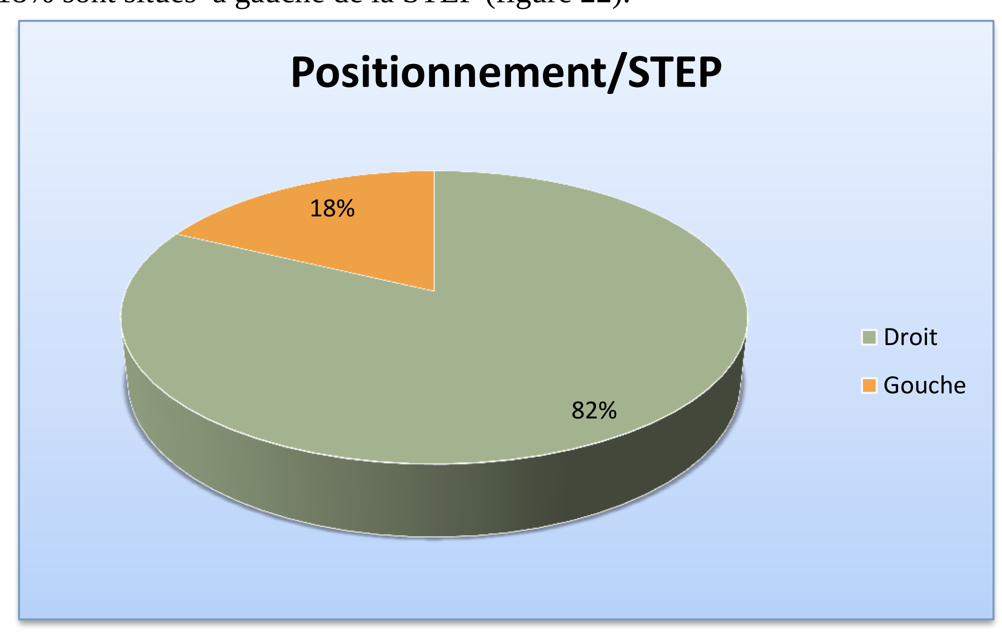


Figure 21 : Positionnement /STEP.

2.3 Type de cultures

Il y'a plusieurs catégories de cultures pratiquées dans les périmètres enquêtés, ils sont distribués, comme suit :

- 31% sont constitués de palmiers dattiers ;
- 30% de fourrages ;
- 18% de maraichage ;
- 18% d'arboriculture fruitière.
- 6% céréales (figure 22).

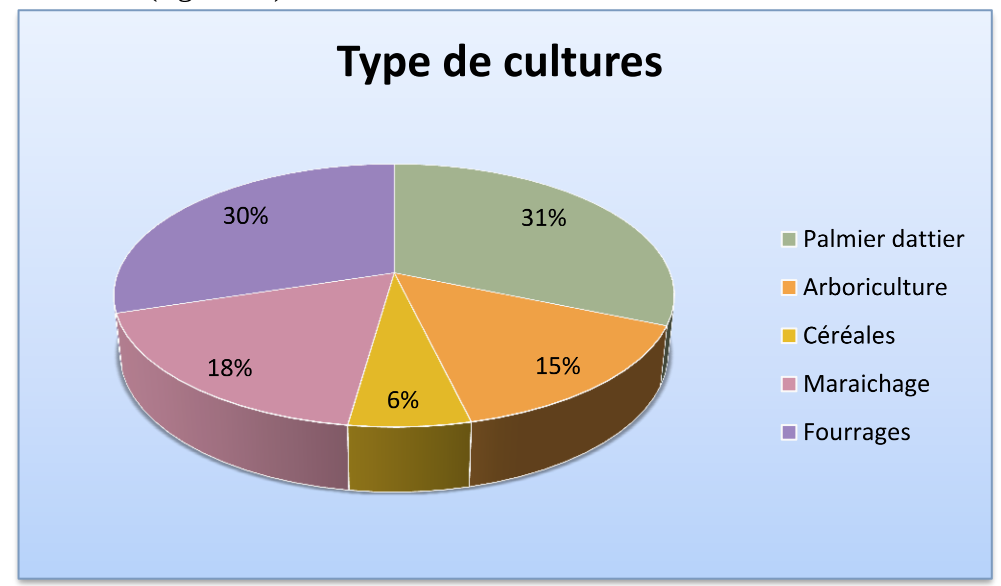


Figure 22 : Type de culture.

2.4 Système de culture

Parmi les systèmes de cultures pratiqués dans les périmètres de la STEP, on a 61% qui représentent les cultures en étages, 18% la monoculture, 3% les cultures sous étages, et 18% en cours d'installation (figure 23).

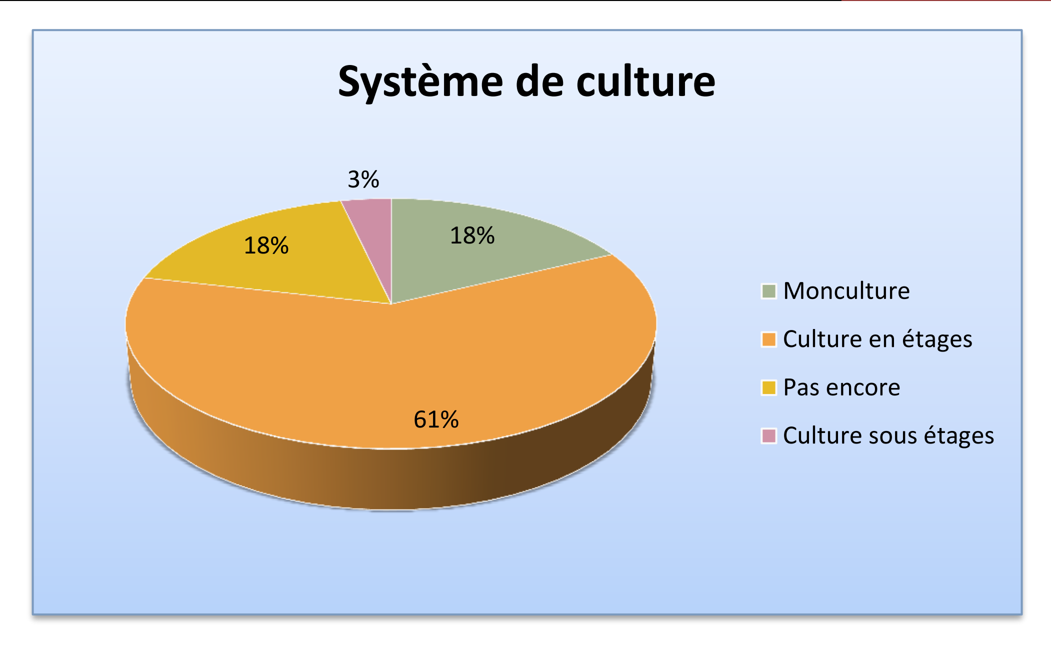


Figure 23 : Système de culture.

2.5 Présence des obstacles physiques

Entre 0-40 cm de profondeur, la présence d'encroûtement, croûte de gypse ou dalle de calcaire, représentant 36%, et dans 64%, l'obstacle physique est absent (figure 24).

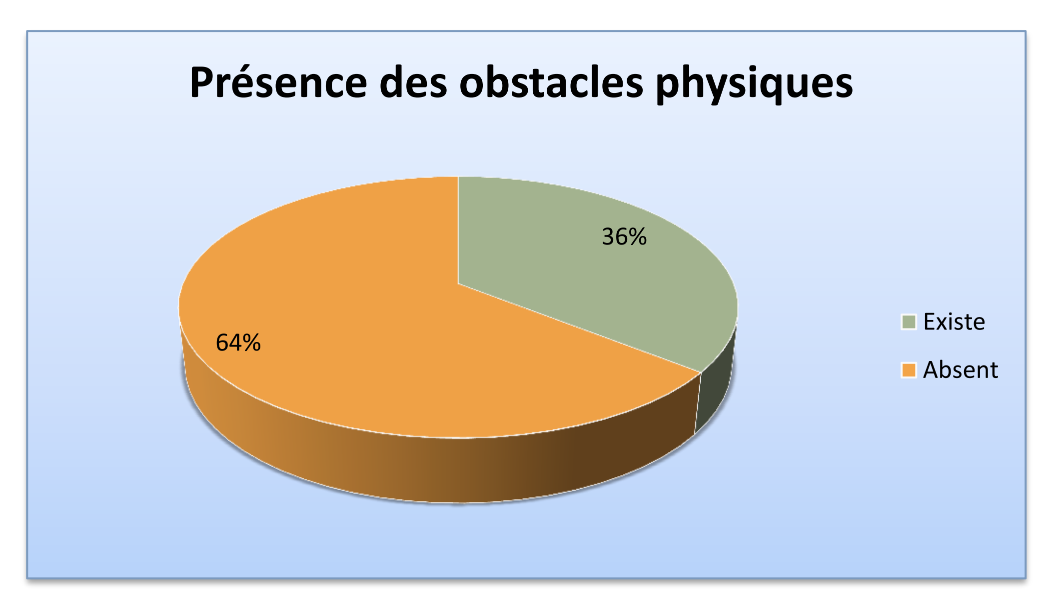


Figure 24 : Présence des obstacles physiques.

2.6 Niveau de la nappe phréatique par rapport à surface du sol

En fonction du niveau de la nappe phréatique par rapport à la surface du sol, on distingue que :

- 21% des exploitations enquêtées, leurs niveaux de nappe phréatique dépasse nt 200 cm ;
- 46% d'entre-elles ont un niveau de nappe ayant plus 120 cm de profondeur ;
- 21% des exploitations enquêtées ont un niveau de nappe phréatique de 80 cm ;

-12% des exploitations enquêtées, leurs niveaux se situent à partir de 50 cm (figure 25).

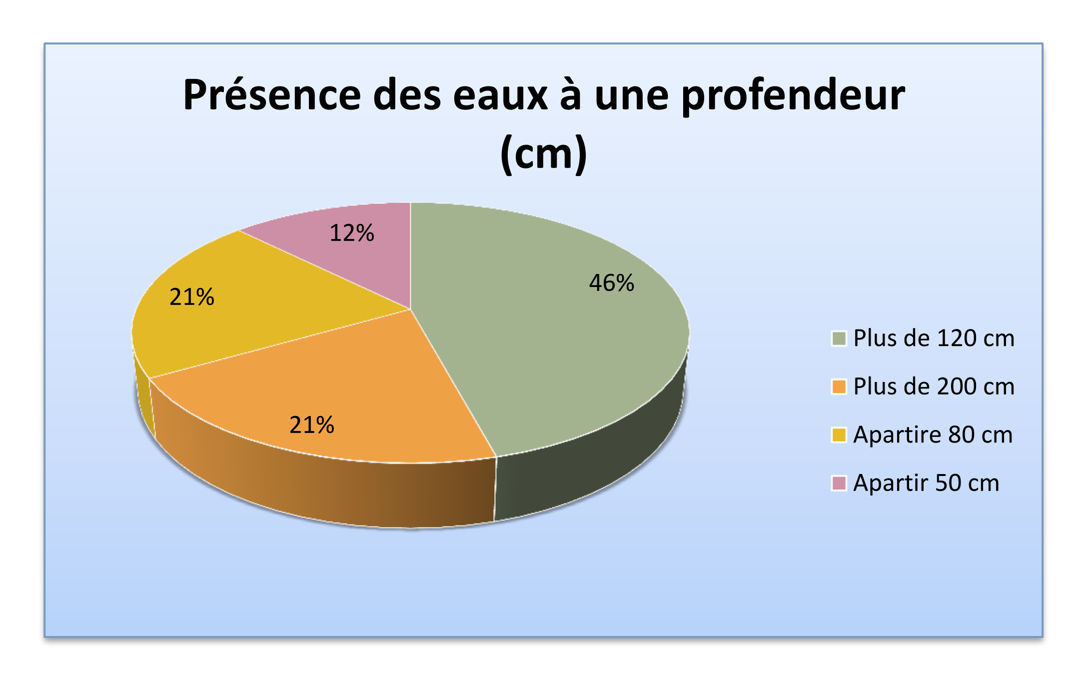


Figure 25 : Présence des eaux à une profondeur (cm).

2.7 Superficies cultivées par hectare

Les pourcentages des espaces cultivés dans les périmètres de la STEP sont distribués, comme c'est montré dans la figure 26 :

- superficies cultivées entre 0,25 et 1 ha, elles représentent 61%
- superficies cultivées comprises entre 1,5 et 4 ha, elles représentent 18%
- superficies cultivées, ayant plus de 4 ha, représentent 3 %
- l'espace non encore cultivé, il est de 18% (figure 27).

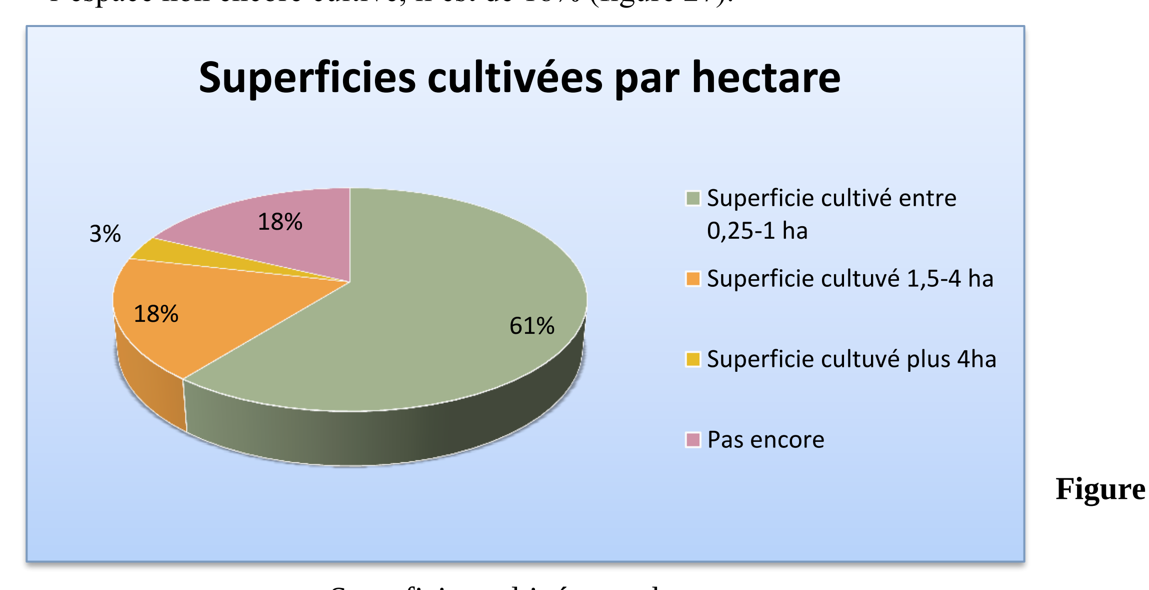


Figure 26 : Superficies cultivées par hectare.

2.8 Superficie totale par hectare

La figure 28 représente superficie cultivée du périmètre de la STEP ; 64% représente la surface totale et 54% la surface non cultivée (figure 27).

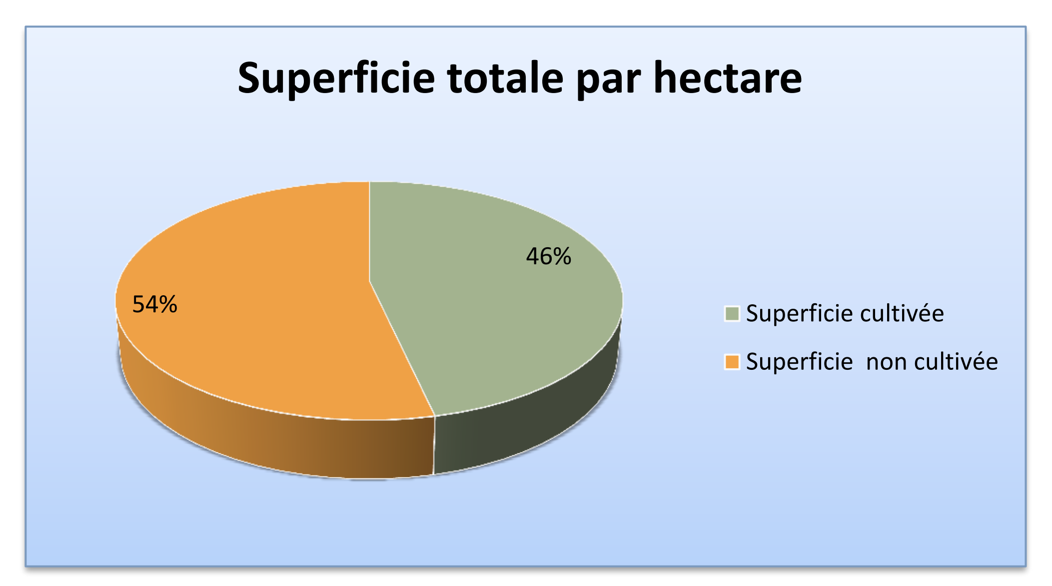


Figure 27 : superficie totale par hectare.

2.9 Impact constaté sur le sol

Parmi les effets néfastes observés d'après les agriculteurs, il y'a salinisation, eutrophisation …etc. Par contre, aucun impact n'est observé chez les autres agriculteurs, et la distribution des résultats se fait, comme suit :

- Chez 76% des exploitants, aucun impact n'est observé ;
- Chez 9% des exploitants enquêtée, il y' a un impact de salinisation ;
- 10% des exploitants enquêtée n'ont observé aucun effet néfaste ;
- 5% des exploitants enquêtés déclarent le phénomène d'eutrophisation du sol (figure 28).

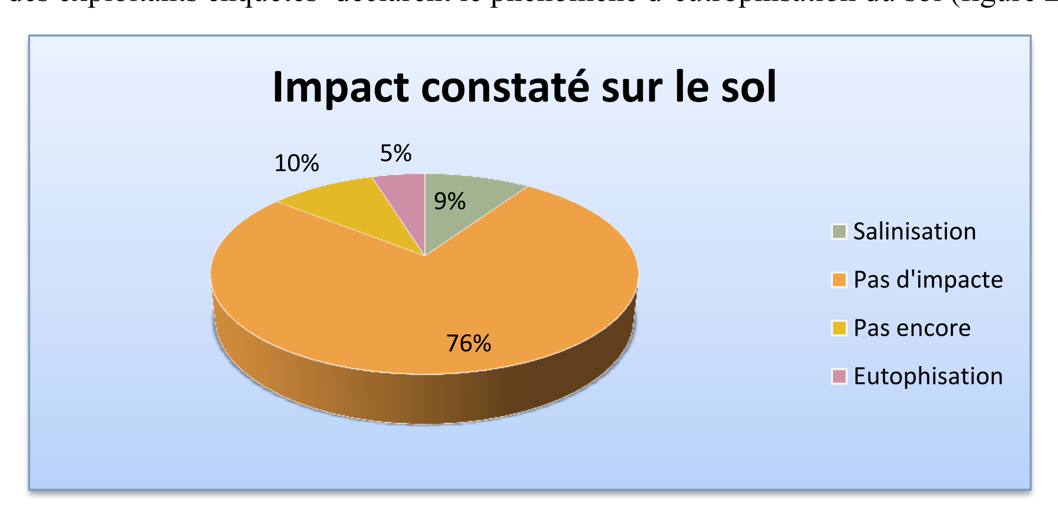


Figure 28 : Impact constaté sur le sol.

2.10 Début d'irrigation

Parmi les exploitants qui ont commencé l'irrigation avec les eaux (EUE) durant l'année 2012, la figure 30 montre leur effectif représente 71%, 21% pendant 2010, 4% des

exploitants ont commencé l'irrigation durant la période 2011, et 4%, l'ont commencé au courant de l'année 2002 (figure 29).

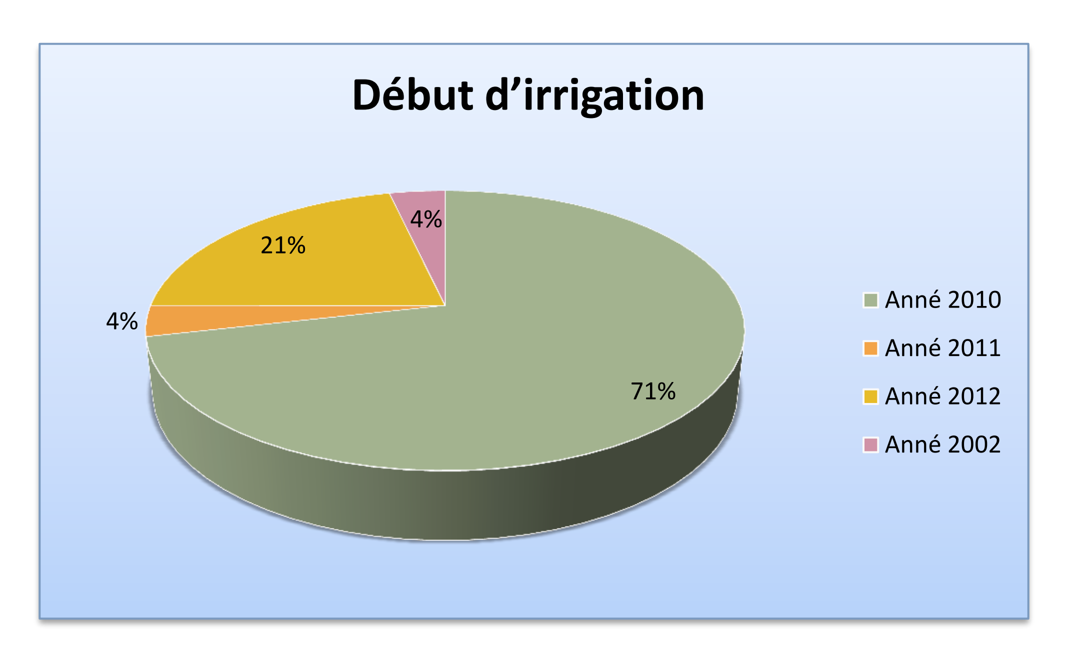


Figure 29 : Début d'irrigation.

3. Fonctionnement de l'exploitation

3.1 Fertilisation

Le type de fertilisation organique est dominant dans les périmètres enquêtés où la quantité apportée diffère d'une exploitation à une autre ;

-68% des agriculteurs pratiquent la fertilisation organique ;

-21% d'entre - eux pratiquent la fertilisation organique et minérale ;

-11% d'entre - eux ne pratiquent pas la fertilisation organique et minérale (figure 30).

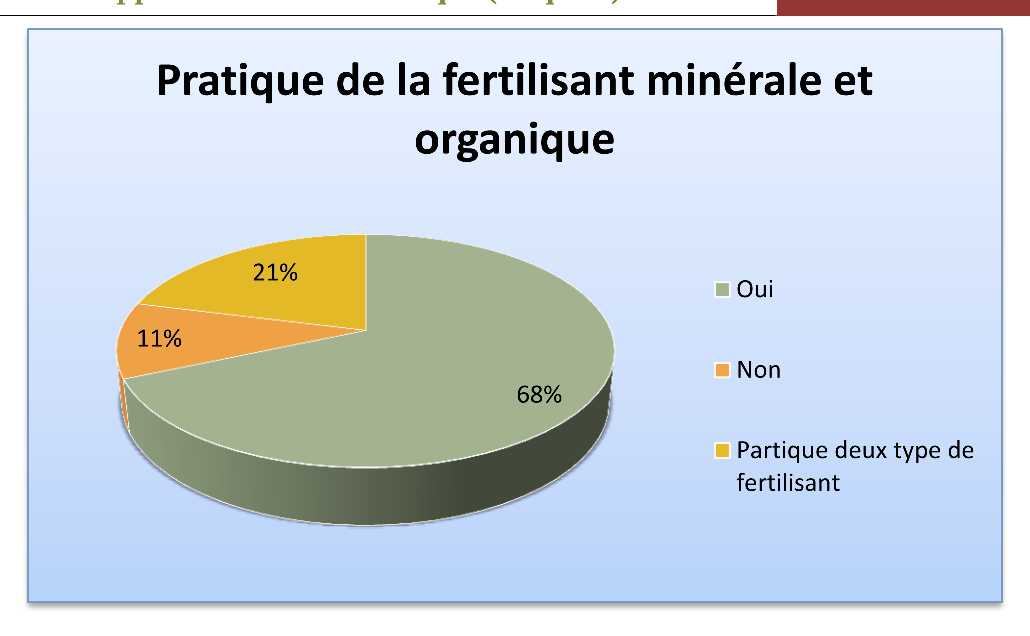


Figure 30 : Pratique de la fertilisant minérale et organique.

3.2 Système d'irrigation

Il y a plusieurs types de systèmes d'irrigation pratiquée dans les exploitations enquêtées. Il y a 57% qui pratiquent le système de submersion, 35% système de goutte à goutte, surtout pour le palmier dattier, et un faible pourcentage, de l'ordre de 8% optent pour le système d'irrigation localisé (figure 31).

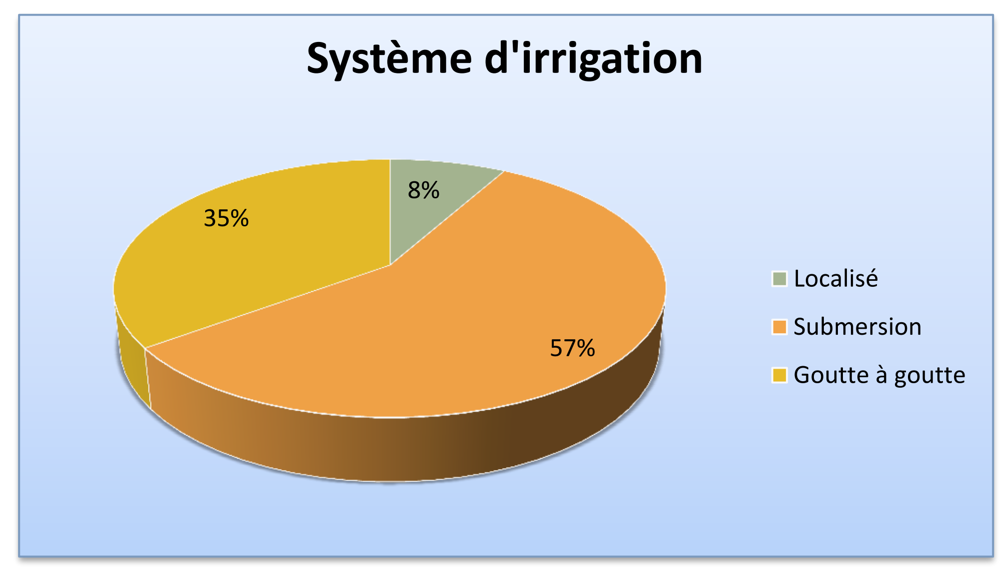


Figure 31 : Système d'irrigation

3.3 Qualité des eaux EUE

La figure 35 indique que 79% des exploitants enquêtés disent que l'eau EUE à une bonne qualité, 13% d'entre –eux déclarent que ces eaux sont de qualité mauvaise, et 8% s'interdisent l'utilisation de ces eaux (figure 32).

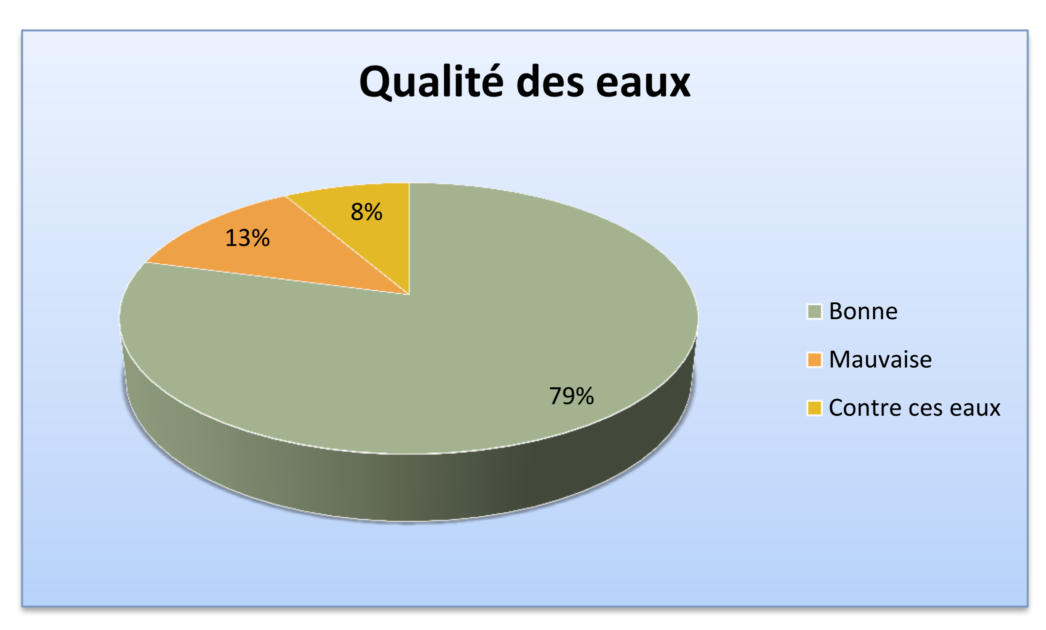


Figure 32 : Qualité des eaux.

3.4 Types des eaux d'irrigation

La qualité des eaux utilisées dans les périmètres enquêtés sont répartis, comme suit :

- 72% utilisent l'eau épurée ;

- 21% utilisent l'eau normale ;

- 7% utilisent les deux types d'eaux (figure 33).

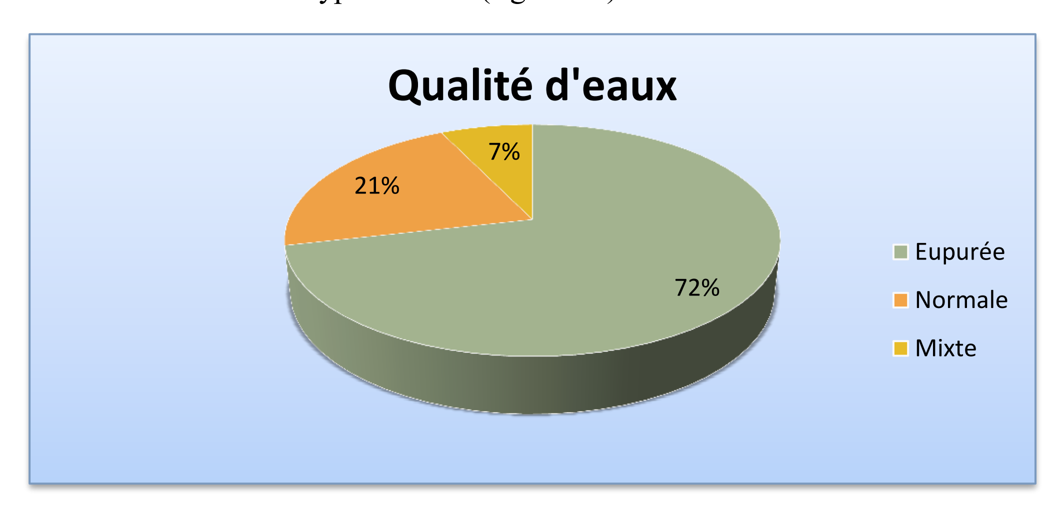


Figure 33 : Qualité d'eaux.

3.5 Dettes (crédits)

D'après la figure 38, 100% des exploitations enquêtées ne sont pas endettées (figure 34).

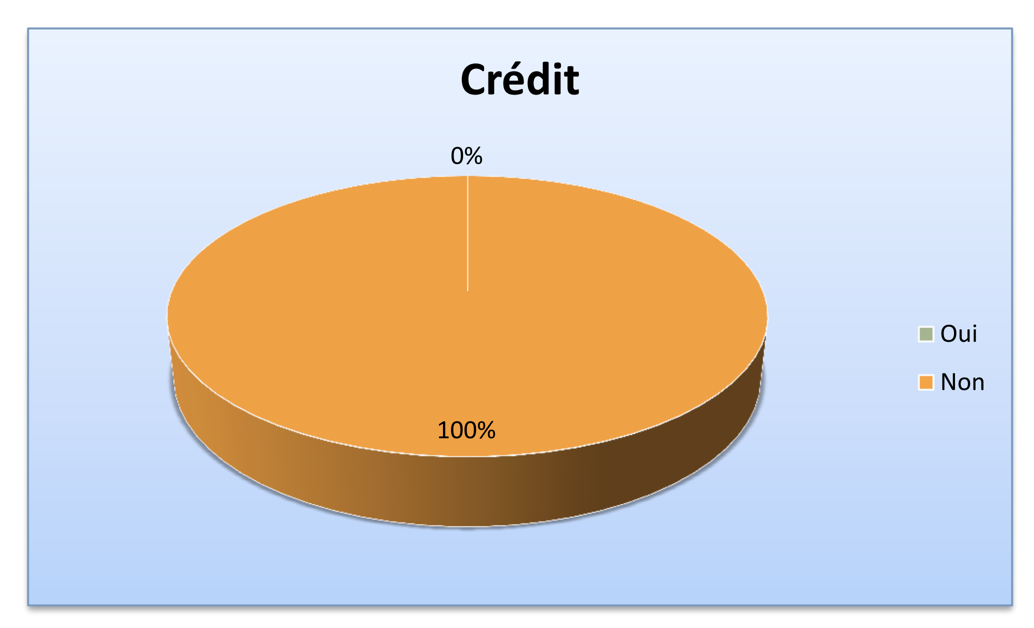


Figure 34 : Crédit.

3.6 Choix de l'irrigation par l'EUE

La figure 39 indique que 63% des exploitants enquêtés ont choisi l'eau épurée par nécessité, par manque de moyens, et 37% des agriculteurs l'ont choisi volontairement (figure 35).

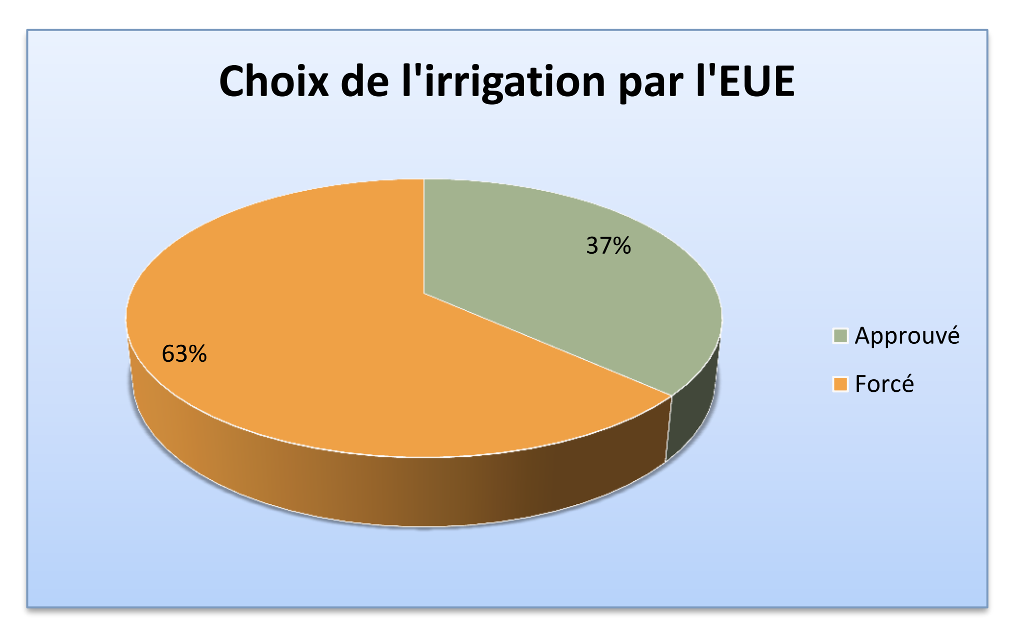


Figure 35 : Choix de l'irrigation par l'EUE.

3.7 Coût d'installation par hectare

Parmi les exploitants enquêtés, 57% d'entre – eux, estiment que le coût d'installation par hectare est supérieur à 40 millions, et 43%, ce coût est moins de 40 millions (figure 36)

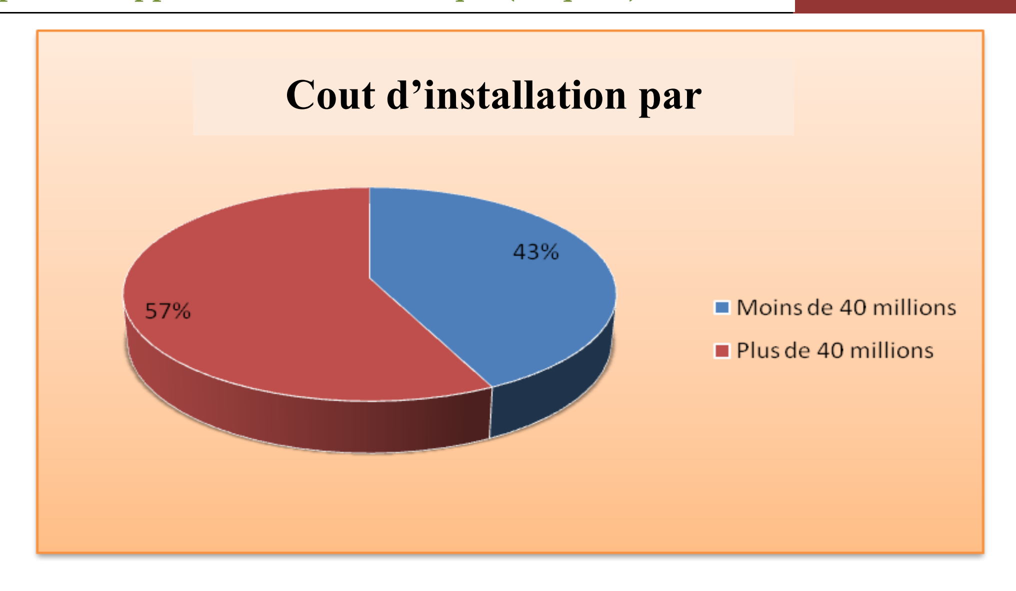


Figure 36 : Cout d'installation par hectare

3.8 Débit d'arrosage

L'arrosage dans les périmètres de la STEP diffère du point de vue système d'irrigation et débit. 61% irriguent 1 à 4 fois par semaine en hiver et 2 à 3 fois en été ; 22% du débit d'arrosage de 1,5 à 4 heures une fois par semaine en hiver, et 4 à 10 fois par semaine en été. Les exploitants qui irriguent 1 fois par semaine en hiver et chaque jour en été, représentent 13%, et il y'a aussi ceux qui irriguent en utilisant le système de goutte à goutte chaque jour, qui représentent 4% (figure 37).

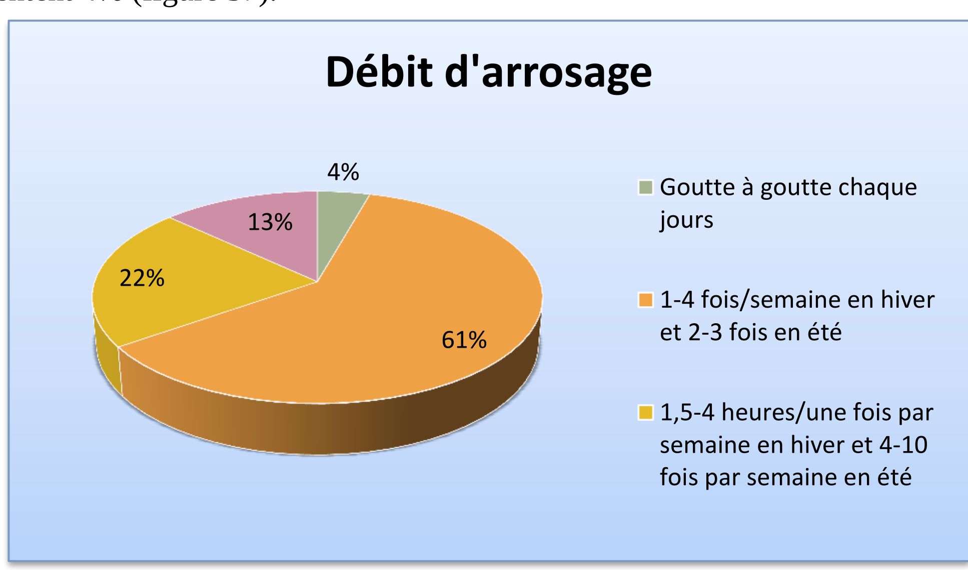


Figure 37 : débit d'arrosage.

3.9 Raisons de l'irrigation

Dans les périmètres de la STEP, 7% des exploitants choisissent la REUE pour pouvoir fertiliser. 7% déclarent que le risque de cette eau n'est pas connu, et il y' a des exploitants qui disent que les moyens sont absents. 64% déclarent l'absence d'électricité, 18% constituent des anciens agriculteurs avant la réalisation de la STEP (périmètres anciens), qui sont de l'ordre de 4% (figure 38).

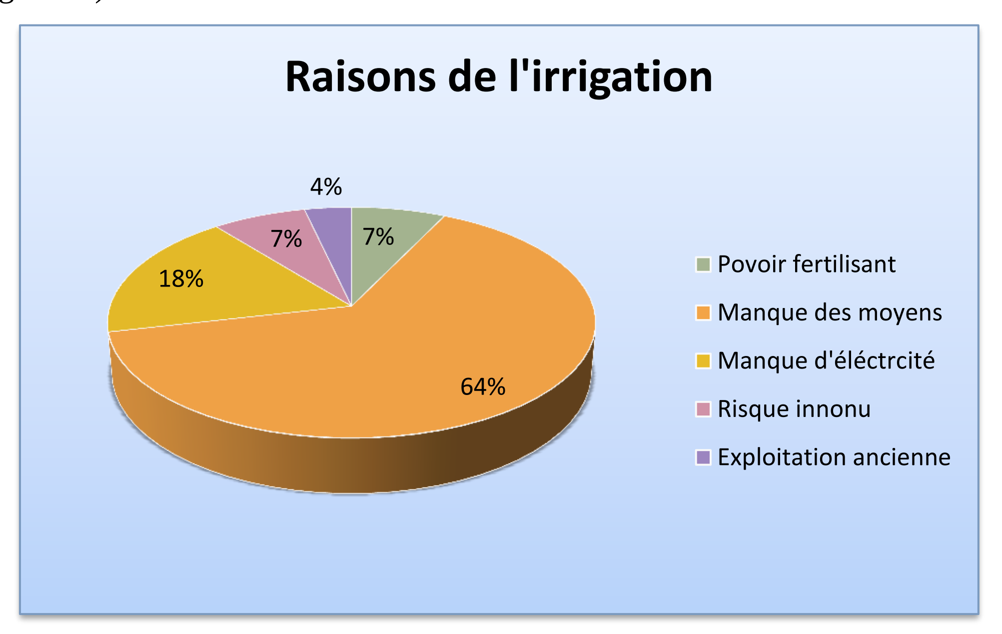


Figure 38 : raisons de l'irrigation.

3.10 Encadrement technique

Il n'y aucun encadrement technique chez les exploitants enquêtés des périmètres de la STEP (figure 39).

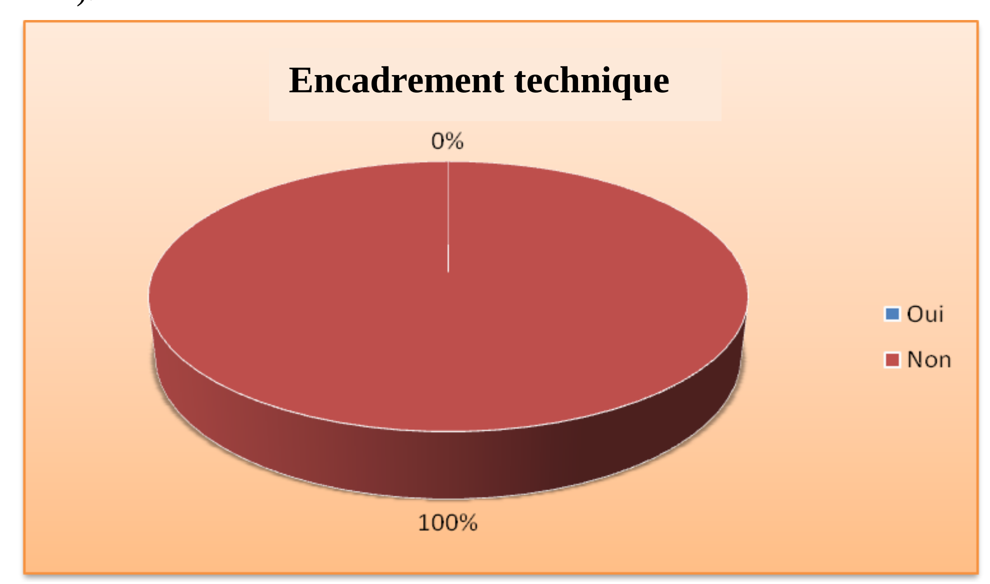


Figure 39 : Encadrement technique.

4. Environnement de l'exploitation (physique et chimique)

4.1 Relation avec la vulgarisation agricole

D'après la figure 45, il n'y aucune relation avec la vulgarisation agricole dans la majorité des exploitations enquêtées (figure 40).

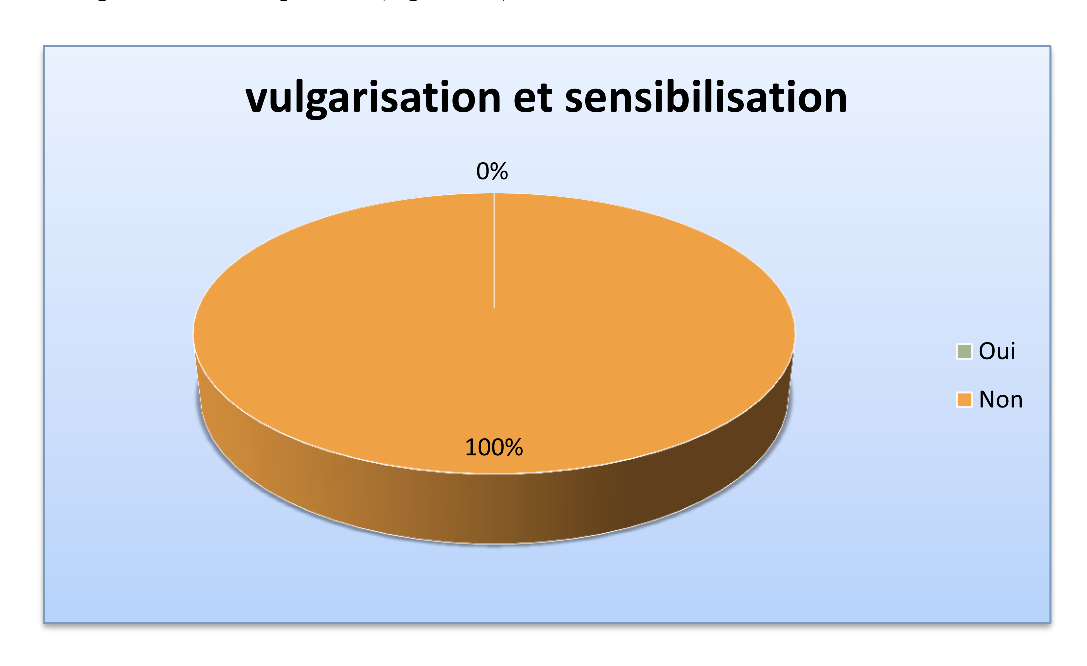


Figure 40 : Vulgarisation et sensibilisation.

4.2 Relations avec les structures publiques (DSA, DHW, DSP)

Parmi les exploitations enquêtées, aucune relation n'existe avec les structures impliquées dans le domaine REUE (figure 41).

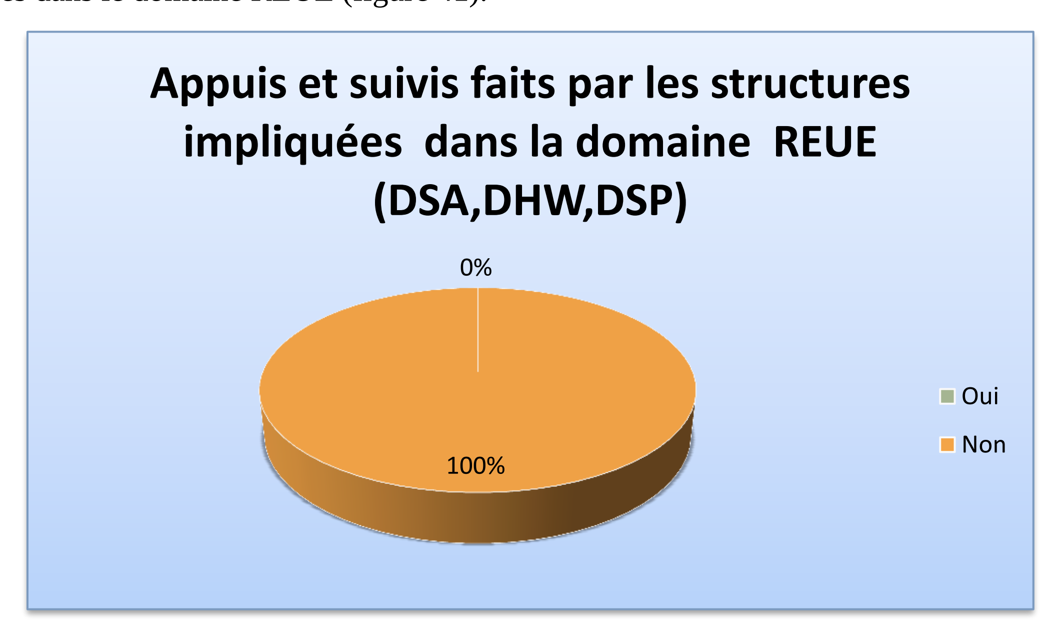


Figure 41 : Appuis et suivis faits pas les structures impliquées dans le domaine REUE (DSA, DHW, DSP).

4.3 Directives de l'ONA / Restriction des cultures

L'ONA exclut l'irrigation par l'eau épurée sauf pour l'agriculture. 9% l'utilisent pour le palmier dattier, et 91% n'ont rien reçu de directives de l'ONA (figure 42).

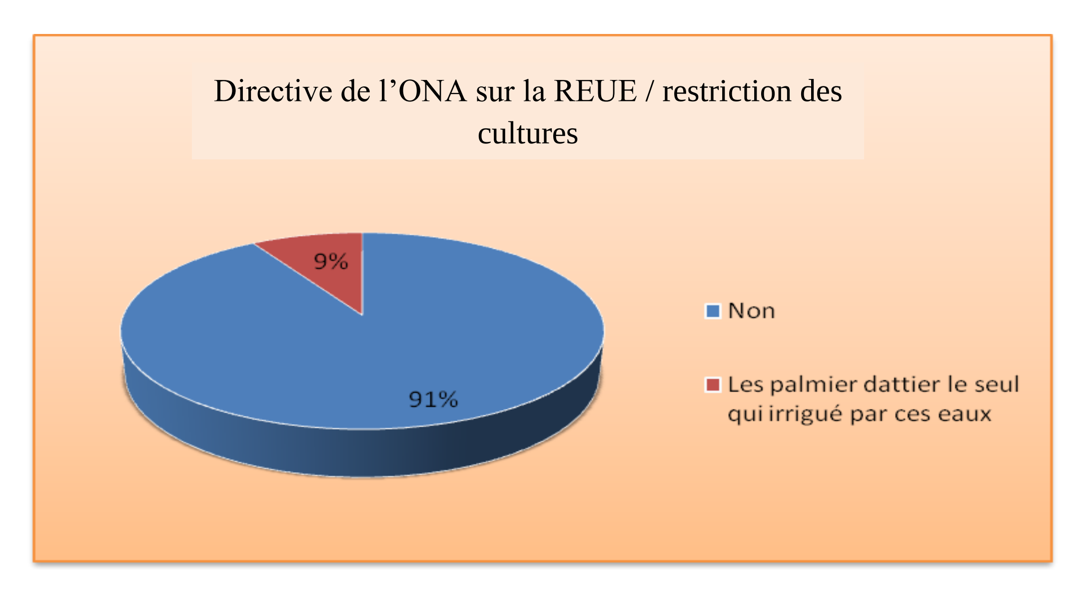


Figure 42 : Directives de l'ONA sur la REUE : restrictions des cultures.

4.4 Autorisation commerciale

Généralement, la production agricole du périmètre de la STEP est consommée par la famille ou bien commercialisée sur le marché local. Mais la directive l'ONA limite la commercialisation des produits agricoles, sauf le produit du palmier dattier (figure 43).

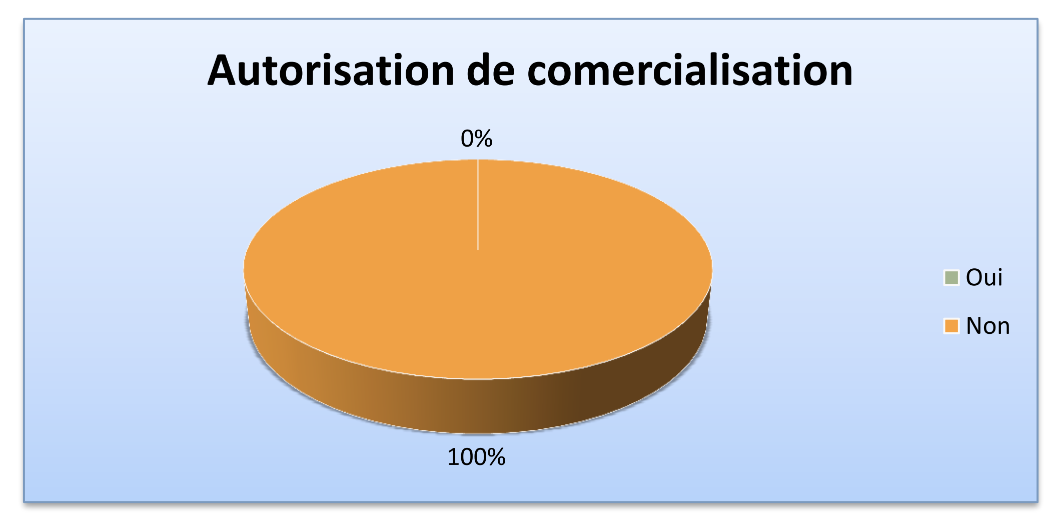


Figure 43 : Autorisation de commercialisation.

4.5 Utilisation de EUE / Contrat entre STEP et les Agriculteurs

Dans 80% des exploitations enquêtées, leurs agriculteurs déclarent n'avoir pas de contrat avec la STEP, 8% d'entre – eux sont autorisés verbalement par ONA, et 12% n'utilise pas ces eaux pour l'irrigation (figure 44).

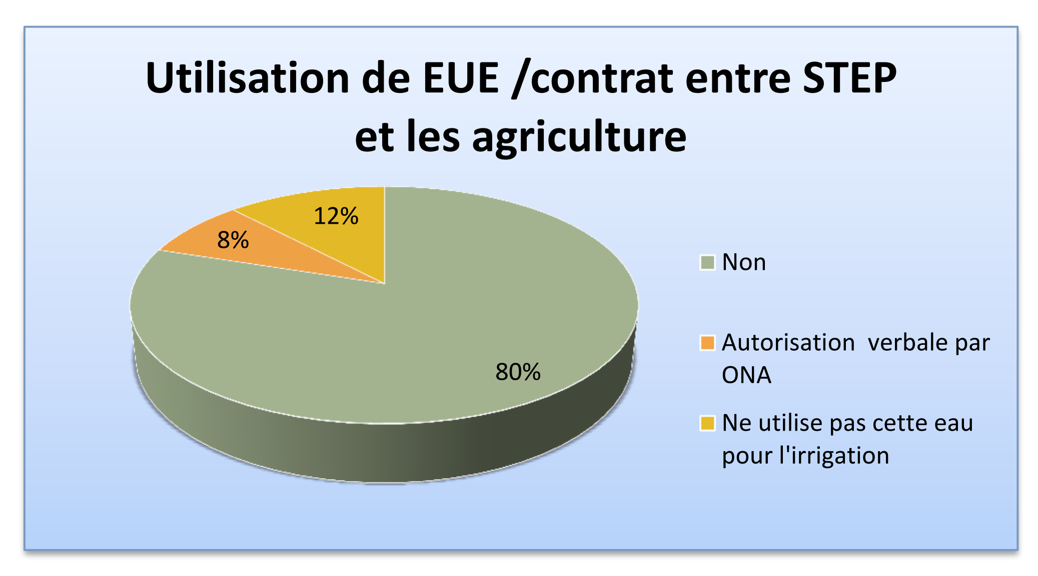


Figure 44 : Utilisation de EUE/ contrat entre STEP et les agricultures.

4.6 Autre problèmes

Parmi les problèmes remarqués dans les périmètres enquêtés, il y'a l'absence d'encadrement technique;

Absence d'électricité, accès difficile, absence complète de structures publiques (figure 45).

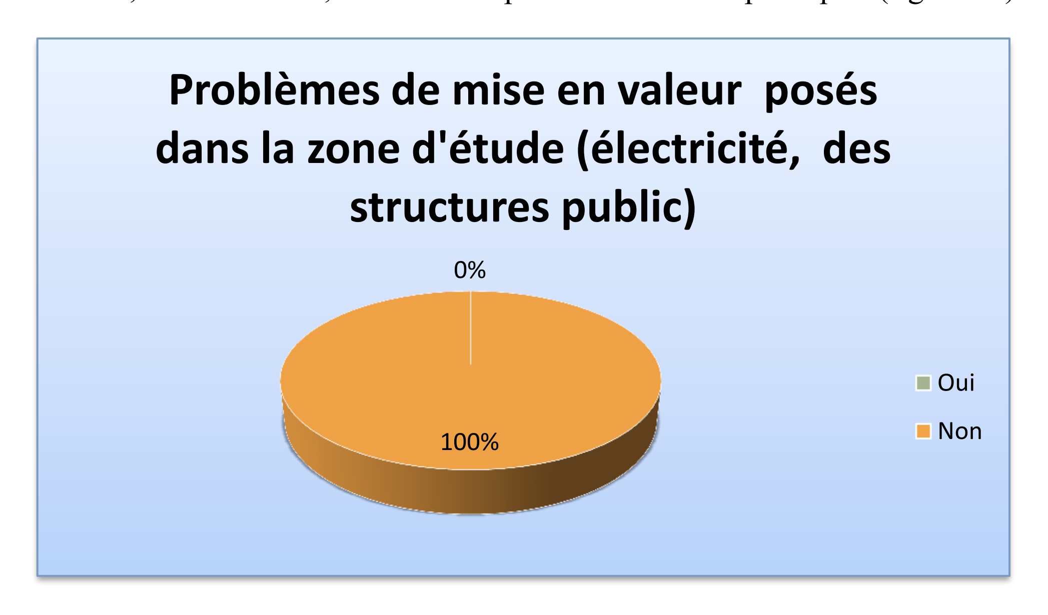


Figure 45 : Problème de mise en valeur posés dans la zone d'étude (Electricité, des structures publiques).

5. DISCUSSION :

La démarche analytique nous a permis de faire ressortir les différents facteurs étudiés, l'influence des eaux usées épurées sur l'impact des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques du sol du périmètre de la STEP, qui sont, entre autres :

- Les facteurs qui sont liés au comportement des exploitants, notamment l'âge, la nature de l'activité, le niveau d'instruction, le nombre de propriétaires, les maladies engendrées par les eaux usées épurées…etc.

- Les facteurs qui sont liés aux propriétés de l'exploitation, constituant les périmètres de la STEP, sont entre autres : la localisation géographique, le type de cultures, le niveau de la nappe phréatique, la présence d'obstacles physiques.
- Les facteurs liés à itinéraires techniques pratiques, qui sont : L'absence ou bien l'existence d'amendement organique et d'engrais, et il y'a aussi les volumes d'eau et les systèmes d'irrigation utilisés, le choix de l'irrigation avec l'eau épurée, l'utilisation d'équipement pendent l'arrosage, l'encadrement technique et le crédit de l'exploitant…etc.
- Les facteurs liés à l'environnement de l'exploitation, qui sont :
  - Perte de produit à cause de l'absence d'autorisation de commercialisation des produits ;
  - L'absence de la vulgarisation et sensibilisation ;
  - L'absence de suivi par les structures publiques (DSA, DHW …etc.).

1. Analyse des eaux

1.1 Propriétés chimiques

Tableau 18 : Bilan ionique des analyses des eaux

Types des eaux	Les anions (meq/l)			Les cations (meq/l)		
	HCO3-	Cl-	SO_4^{-2}	$Na^+ + k^+$	Ca^{++}	Mg^{++}
Conventionnelles	2,53	19,60	14,58	8,779	9,64	5
l'eau d'entrée de la STEP	1,34	116,83	13,34	49,63	1,042	40,80
EUE	6,14	38,23	25,63	19,253	14,8295	7,7

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diminution des ions des eaux usées avant et après traitement ainsi que les EUE marquant des valeurs plus élevées en ions que celle des eaux conventionnelles.

Tableau 19 : Eléments polluants des eaux

Type des eaux	Cu	Pb	Cr	N-NO_3	N-N_2	N-NH_4	NT	PT
Eau de la STEP	0.003	0.006	0.013	4,13	4,18	29,44	52,15	3,37
Eau conventionnelle	0.004	0.003	0.021	/	/	/	/	/

Les éléments toxiques présentent dans les EUE sont supérieurs aux normes nationales recommandées (tab. 5)

1.2 Propriétés physico-chimiques

Tableau 20: Paramètres physico-chimiques des eaux

Types des eaux	T °C	pH	Con mS/cm	Sal g/ l
EUE	20,62	8,29	13,927	8,09
Eau conventionnelle	/	7,08	5	/
Eau de l'entrée de la STEP	/	1,46	24,6	/

On remarque dans ce tableau que la valeur du pH dans les EUE (8,29) qui répond à la norme de rejets national (tableau 20).

La valeur de la conductivité électrique dépasse les normes, avec une valeur de 13,92 mS/cm.

La valeur de la salinité enregistré dans les EUE (8,09g/l) dépasse les normes avec une différence légère.

1.3 Paramètres biologiques

Tableau 21: Paramètres biologique des eaux

Types des eaux	O_2 mg/l	DCO mg/l	DBO_5 mg/l	MES mg/l
EUE	5,99	132,95	27,43	90,23
Eau conventionnelle	/	/	/	/

La valeur de MES (90,23 mg/l) est supérieure à la norme de rejet qui est de (35 mg/l), ainsi que la valeur de DCO (132, 95 mg/l) qui est supérieur aussi de les normes (90 mg/l).

Par contre aux valeurs d'oxygène dissous et de DBO_5 sont inférieures aux normes de rejets (tab. 5).

Tableau 22: Résultats des analyses bactériologiques

Certaines espèces bactériennes ont été choisies comme indicatrices de contamination fécale. Leur présence dans l'eau peut être l'indice d'une pollution d'origine fécale. Ces germes

Les germes	Coliformes Totaux/100 ml	Coliformes Fécaux/100ml	E-coli	Streptocoques Totaux	Streptocoques Fécaux	Staphylo co-ques	Clostridiums
Eau brute	1100.10^{7}	11.10^{7}	pré	150.10^{4}	43.10^{4}	Abs	5 spores
Eau traitée	11.10^{6}	3.10^{6}	pré	15.10^{3}	15.10^{3}	abs	0
Rend (%)	99,99%	97,28%	/	99%	96,52%	/	100%

tests de contamination fécale qui se trouvent d'une façon presque constante dans les matières fécales humaines et animales.

D'après les analyses bactériologiques, on remarque que les résultats des eaux brutes montrent la présence de coliformes (totaux et fécaux), de streptocoques (totaux et fécaux), et des clostridiums avec des quantités considérables, d'une part, et d'autre part, la présence de ces germes dans les eaux traitées, avec des quantités faibles.

Par comparaison entre la quantité de germes dans les eaux brutes et les eaux traitées, nous notons un rendement moyen total de **99.99%** pour les coliformes totaux, **97.28%,** pour les coliformes fécaux, **99.96%**, pour les streptocoques totaux, **96,52%** , pour les streptocoques fécaux et enfin **100%** pour les clostridiums .Ceci dénote l'efficacité moyenne du traitement de la station d'épuration de Ouargla par le lagunage aéré. On remarque aussi l'absence totale des germes pathogènes staphylocoques (tableau 22).

2. Etude du sol:

Les figures représentent les résultats des analyses du sol étudiés irrigués par les eaux conventionnelle et les eaux usées épurées, et les sols non irrigués, de granulométrie de gypse de MO et de SAR sur la couche de surface (20-40cm), et de calcaire, Ph, CE et Rs sur les trois couches.

Tableau 23: Moyenne des analyses caractéristique du sol.

	Granulométrie				gypse	carbone organique
Types d'eaux	**sable G**	**Sable fin**	**limon+argile**	**SAR**	**%**	**MO%**
EUE	60,06	38,36	1,58	4,57	0,46	2,34
Non irrigué	64,26	33,11	2,63	9,02	0,42	0,92
eau conventionnelle	69,38	29,03	1,60	1,93	0,53	2,07

2.1 Caractérisation physique

- **Granulométrie**

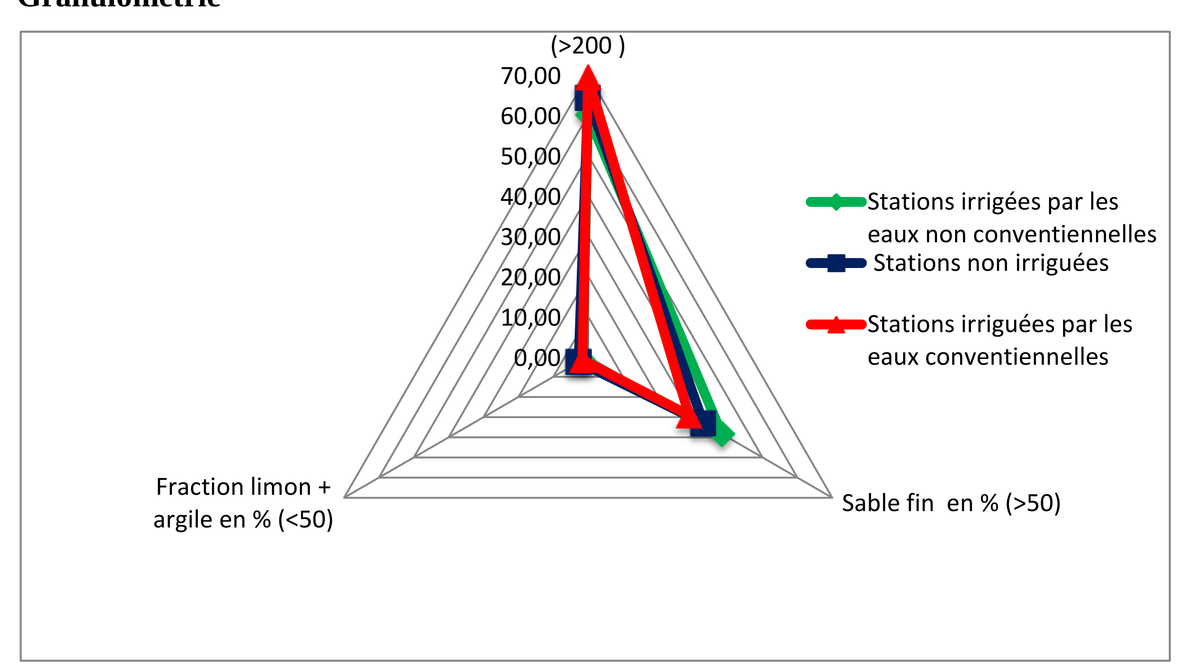


Figure 46 : textures des trois sols étudiés

L'étude granulométrique des sols des parcelles étudiées a permis de déterminer 3 classes granulométriques. Il s'agit de sable fin, sable grossier et une fraction limon argile. La classe la plus abondante est le sable fin, avec une proportion très élevée dans les parcelles irriguées par

les eaux épurées et celles irriguées, par les eaux conventionnelles, avec des valeurs de 60,06% et 69,38%, respectivement (figure 46).

- **Les sels peu solubles**
  - **Le gypse**

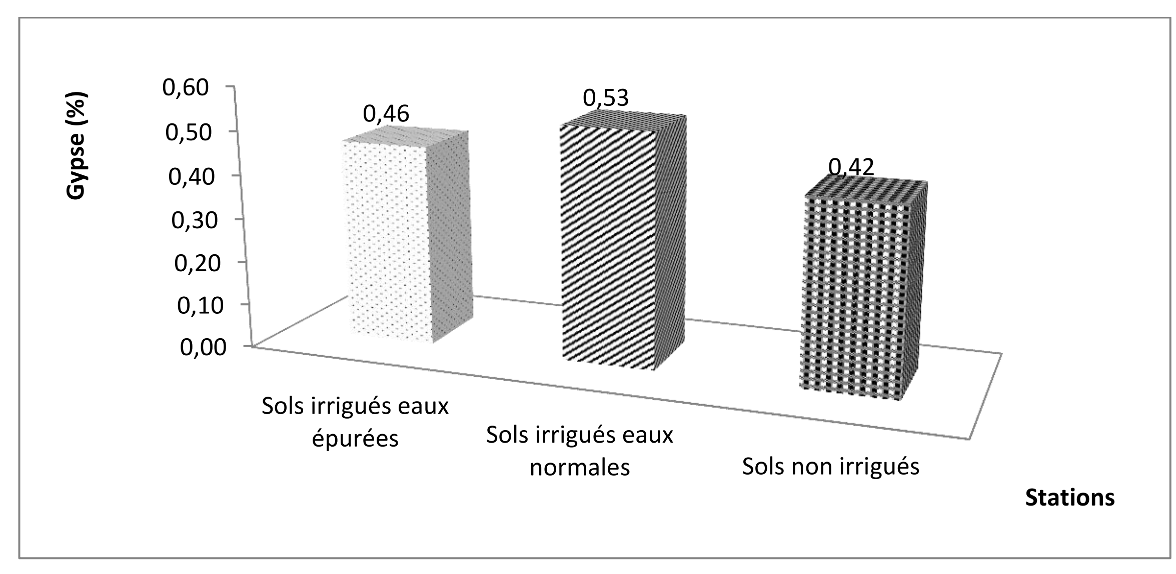


Figure 47: Valeurs moyennes de gypse dans les stations d'étude.

La figure 47 montre une variation légère du pourcentage de gypse au niveau des différents sols étudiés, ce qui indique que les sols des stations étudiées sont des sols pauvres en gypse. La densité de gypse est plus faible que celle des constituants minéraux habituels des sols (CLEMENT et PIELTAIN, 2003).

- **Calcaire total**

Les résultats des analyses du calcaire total effectuées sur les trois horizons sont représentés dans la figure 53.

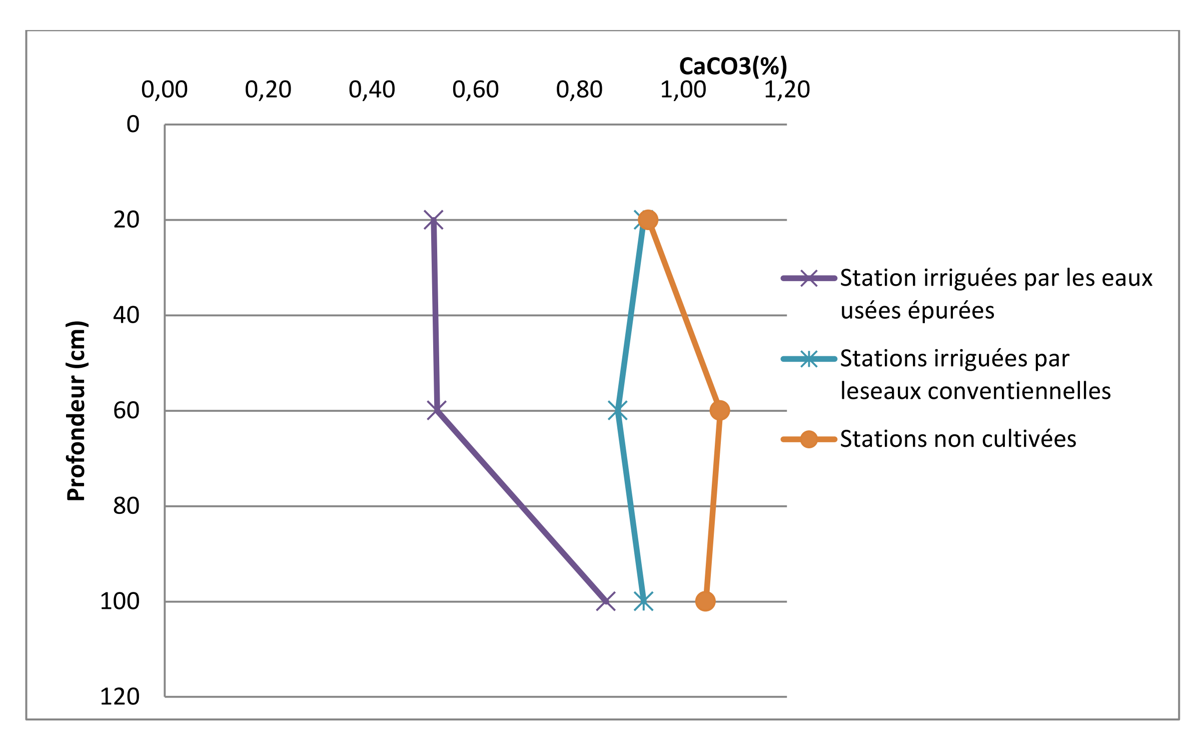


Figure 48 : Variations verticales de taux de calcaires dans les stations

Selon la figure 48 le taux de calcaire totaux montre une légère variabilité entre les différents sols étudiés. Les teneurs varient entre 0,52, 0,92 et 0,93 % dans le premier couche (0-40 cm), entre 0,53, 0,87 et 1,07 % dans la seconde couche (40-80 cm) et entre 0,85, 0,92 et 1,04 % dans la couche la plus profonde (80-100 cm). A l'échelle des profils pédologiques, les teneurs en calcaires augmentent, également, de la surface vers l'horizon inférieur.

D'après l'échelle d'interprétations BAISE (2000), le sol des trois stations étudiées est faible en calcaires. Les taux de $CaCO_3$ sont moins importants dans les sols irrigués que ceux des sols non irrigués.

- **Le carbone organique (matière organique)**

La figure 49 montre que les teneurs moyennes de MO sont 2,34% dans les sols irrigués des eaux épurées, 2,07% dans les parcelles irriguées par les eaux conventionnelles, et 0,92% dans les parcelles non irriguées. Ce qui explique selon I.T.A (1975) que les sols sont moyennement riches en MO dans les sols irrigué par les eaux conventionnelles et épurées, et faibles dans les sols non irrigués.

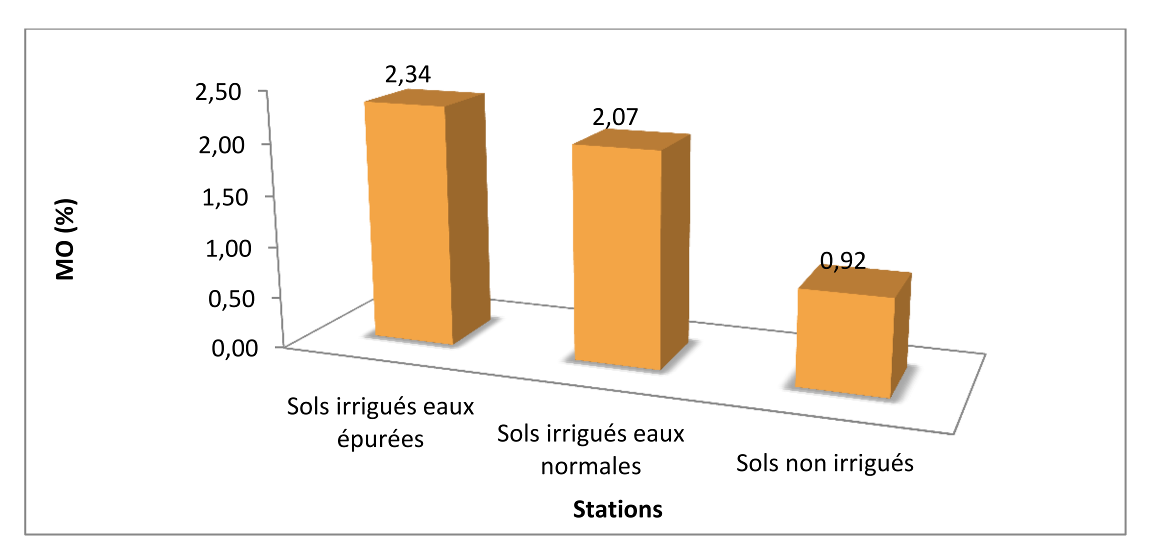


Figure 49: Moyenne de MO (%) dans les sols des stations d'étude.

En effet, l'irrigation avec les eaux usées épurées entraîne une accumulation de MO dans le sol, suite à leurs richesse en éléments fertilisants et en oligoéléments, et elles stimulent l'activité microbiologique du sol (MAGESAN et *al.*, 2000 ; RAMIREZ-FUENTES et *al.*, 2002 *in* BELAID, 2011), favorisant ainsi la minéralisation du carbone organique du sol.
Tous les agriculteurs utilisent les fertilisants ce qui explique les taux obtenus dans les sols irrigués par les eaux conventionnelles (figure 54).

2.2 Etude caractéristique physico-chimique du sol

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des trois types de sols (sols irrigué par les eaux usées épurées, sol irrigué par l'eau normale et sol non irriguée) sont représentés par les graphes suivants :

- **Le pH**

Les sols des régions arides, sont caractérisés généralement par des pH alcalins (7,5> pH>8,5) (HAFOUDA, 2005).

Les valeurs du pH sont représentées dans le graphique ci-dessous en fonction de la profondeur du sol dans les stations (figure 50).

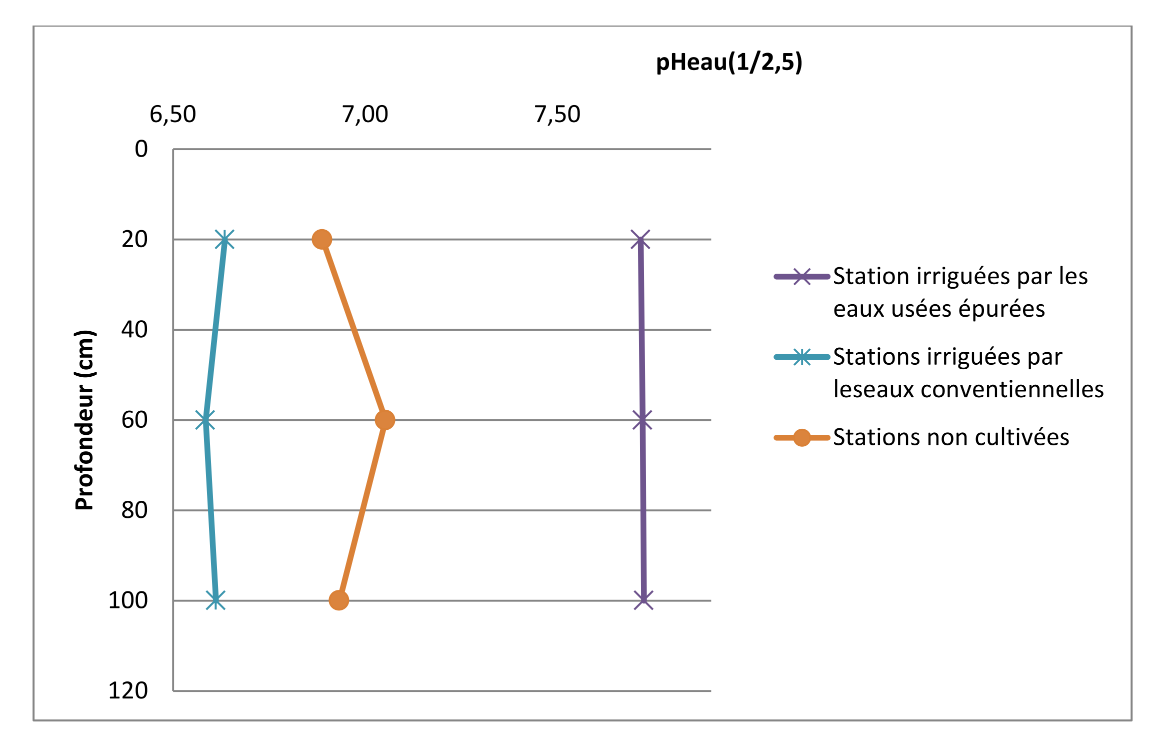


Figure 50: Variation vertical du pH du sol dans les trois stations d'étude

Le graphique ci-dessus montre les valeurs maximales (8,44) de pH-eau des sols enregistrées dans les stations irriguées par les eaux usées épurées, variant verticalement dans la même valeur. Dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles, on remarque que les valeurs pH du sol varient entre (8,17 et 7,63) et cette valeur augmente en allant en la profondeur. Tandis que les valeurs minimales de pH-eau enregistrées dans les stations non cultivées (7,64) diminuent en allant en profondeur.

Selon ce graphe, et d'après l'échelle BAIZE (2000). On peut conclure que le pH de la station irriguée par les eaux usées épurées est un pH très alcalin, le pH des stations irriguées par les eaux conventionnelles et les stations non irriguées est un pH alcalin.

Il y'a une évolution du pH du sol dans les parcelles irriguées par EUE, s'expliquant par un pH élevée des eaux usées traitées (tab. 20), qui est conjugué à l'influence de l'irrigation par infiltration verticale à l'intérieur du profil.

Dans les parcelles non irriguées le pH alcalin s'explique par la présence de bases forte et par la dynamique de la nappe phréatique qui influe par la remonté des eaux.

Les parcelles irriguées par l'eau conventionnelle ont un pH alcalin moins important que le pH des autres parcelles pouvant s'expliqués par le pH de cette eau et aussi par le pH des eaux de la nappe qui font accentuer l'alcalinisation du sol.

- **Salinité**
  - **Conductivité électrique**

La conductivité électrique permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous, elle ne s'applique qu'aux terres salées et aux terres à taux de fertilisation très élevé. De plus, elle est nécessaire pour l'étude du complexe adsorbant des sols salés (AUBERT, 1978).

Les résultats obtenus montrent que le sol étudié non irrigué est extrêmement salé, la C.E présente une valeur de 9,248 mS/m dans le dernier horizon (le sol est considéré comme extrêmement salé lorsque la conductivité électrique de l'extrait dilué est supérieur à 6 mS/m (AUBERT, 1978). On a constaté que la salinité dans la parcelle irriguée par l'eau traitée est plus élevée que celle de sol irrigué par l'eau conventionnelle, avec une valeur de 3,61 mS/m, cela est expliqué par la teneur élevée en sels solubles dans l'eau traitée en comparaison avec l'eau conventionnelle (tab. 20).

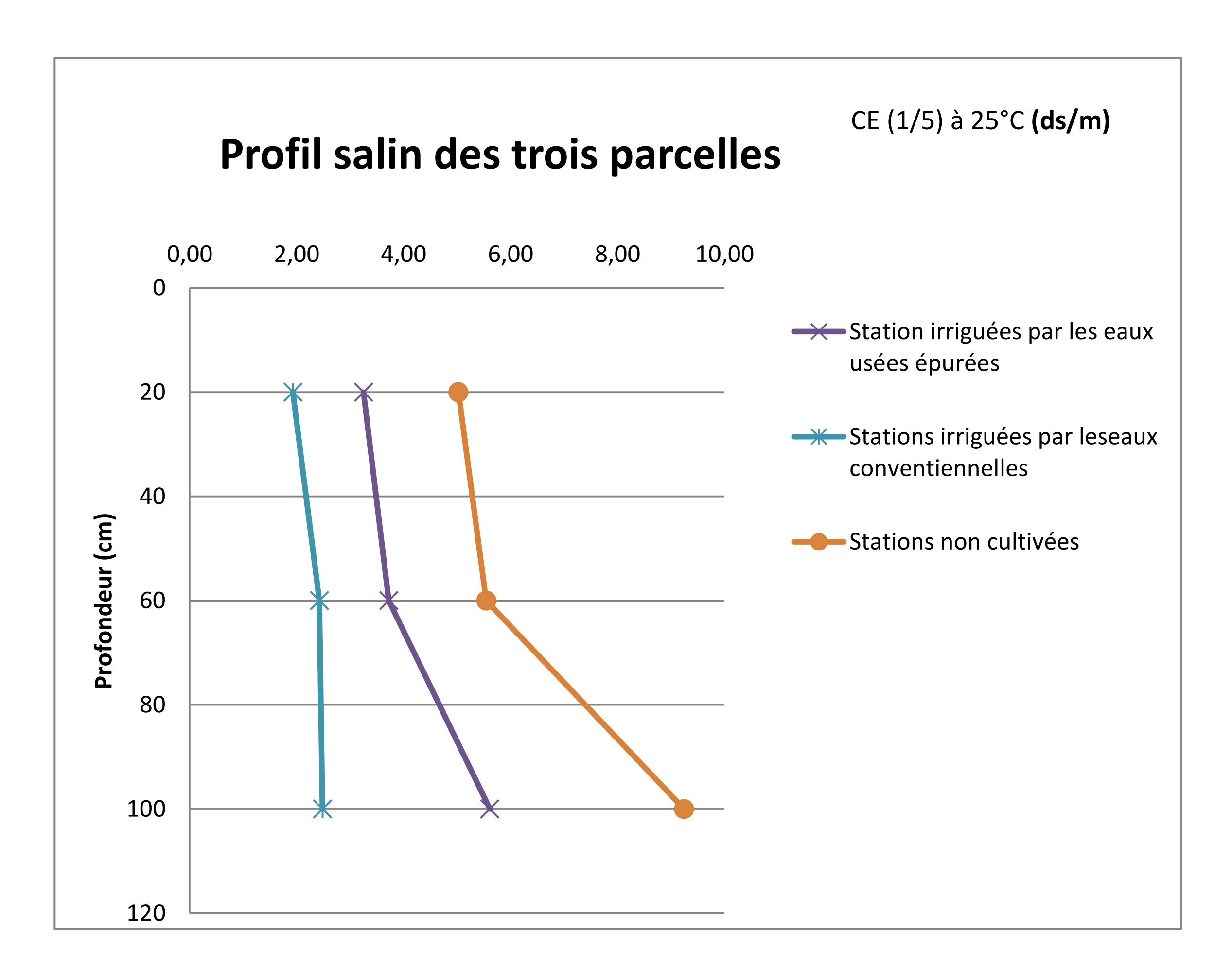


Figure 51: profil salin des trois parcelles.

La figure montre une dynamique descendante dans les station irriguées par les eaux épurées et dans les station non irriguées, ces dernier présentent une accumulation des sels très remarquables dans les parcelles non irrigué qui est imputée aux conditions climatiques très arides, produisant une forte évaporation des eaux de la nappe phréatique, qui sont chargées par les ions et surtout témoignant sur la rareté des pluies abondantes qui lessivent le sol (ASKRI et BOUHLILA, 2010), dans les parcelles irriguées par les eaux conventionnelles la salinité n'est pas très importante, ce qui montre que l'utilisation de ces eaux en irrigation ne pose pas un gros risque de salinisation des sols. Par contre, les eaux épurées augmentent la salinité en profondeur, qui exprime un lessivage des sels.

✓ **Résidu du sec**

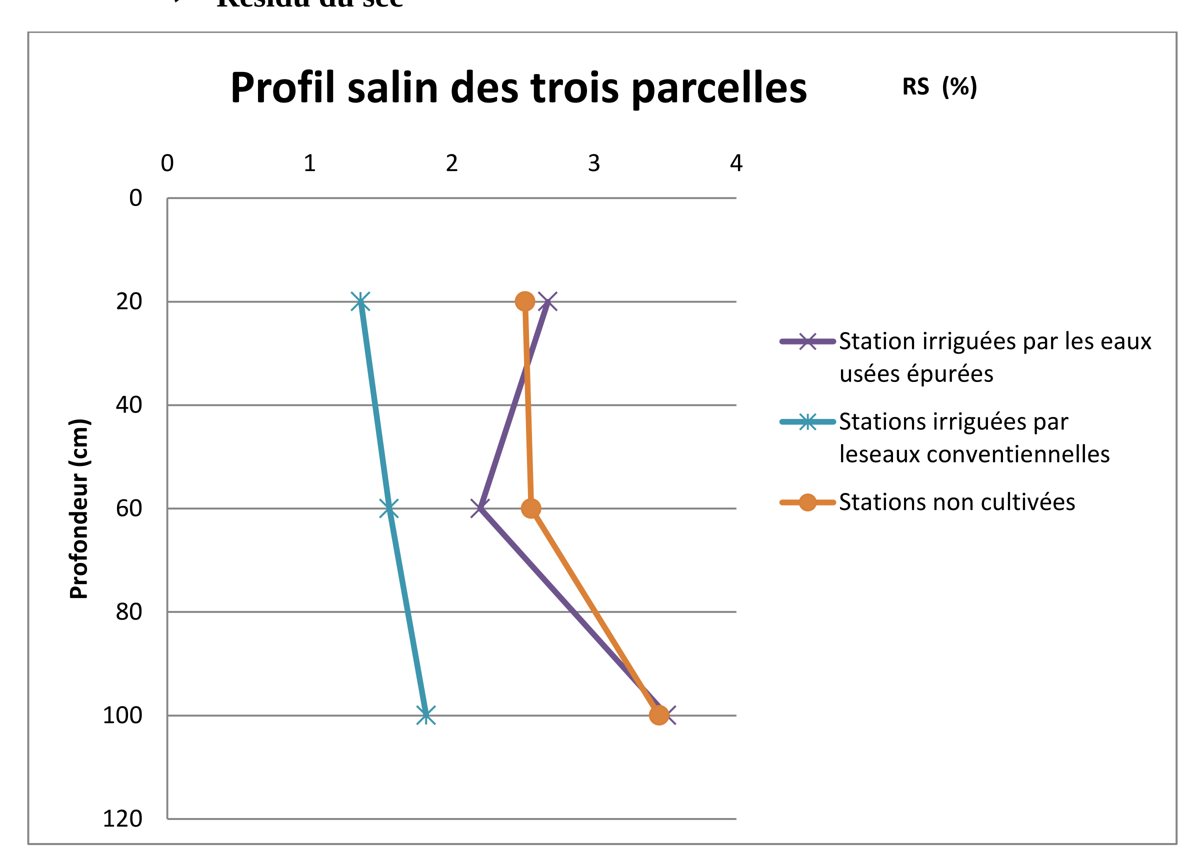


Figure 52 : Profil salin des trois parcelles

A l'échelle de la parcelle, le Rs varie entre 2,68 et 2,51 dans le premier niveau du sol. Le niveau intermédiaire parait plus salé avec un degré de salinité plus faible. Le troisième niveau comparable à celui du niveau intermédiaire indique une salinité plus forte que celle des deux premiers horizons, ce qui indique une minéralisation excessive (figure 52).

2.3 Caractérisation chimique

- **Le bilan ionique**

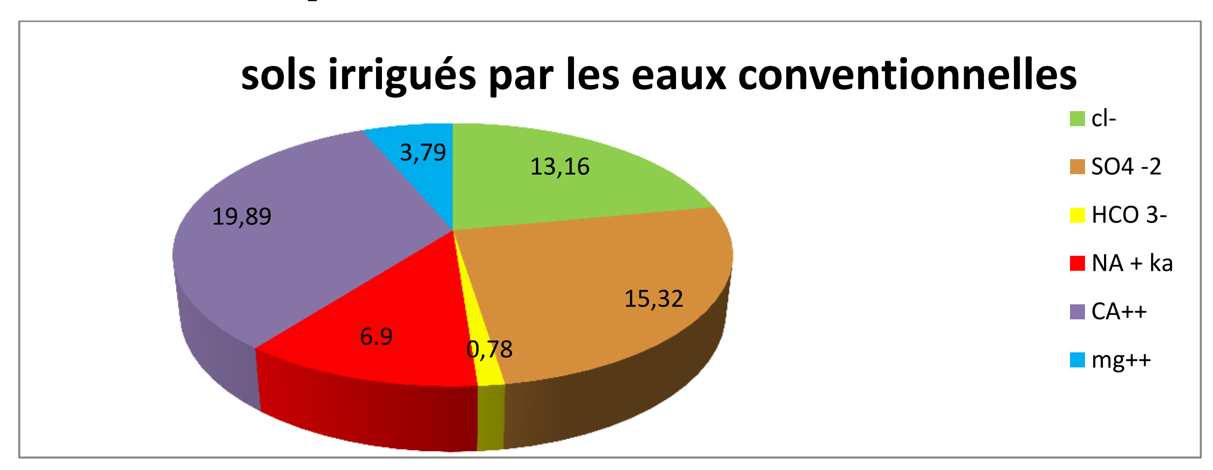


Figure 53: Répartition des ions dans le sol irrigué par l'eau conventionnelle

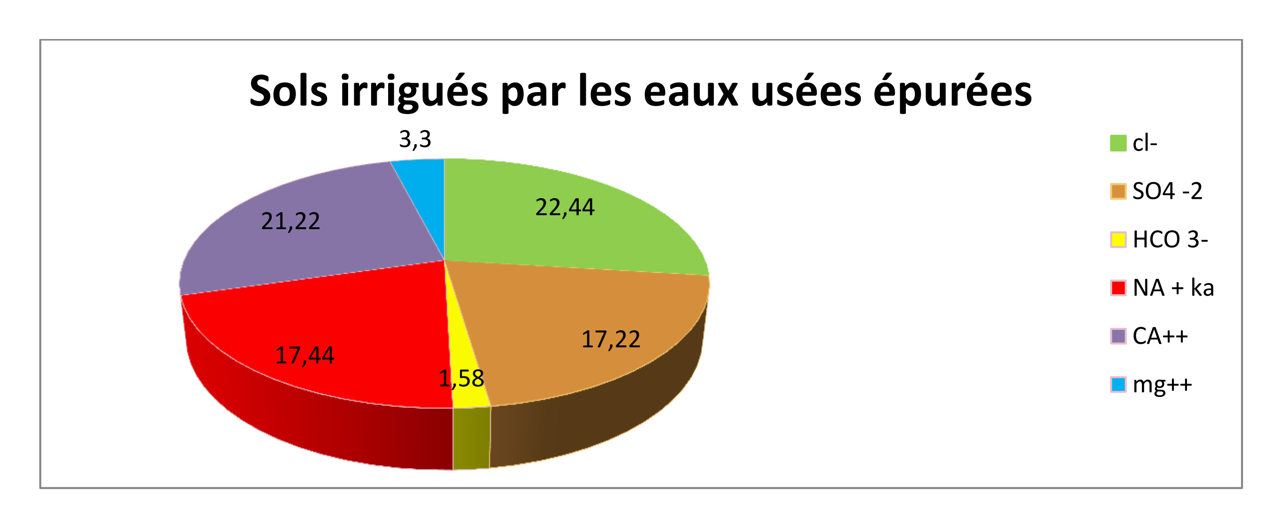


Figure 54 : Répartition des ions dans le sol irrigué par EUE

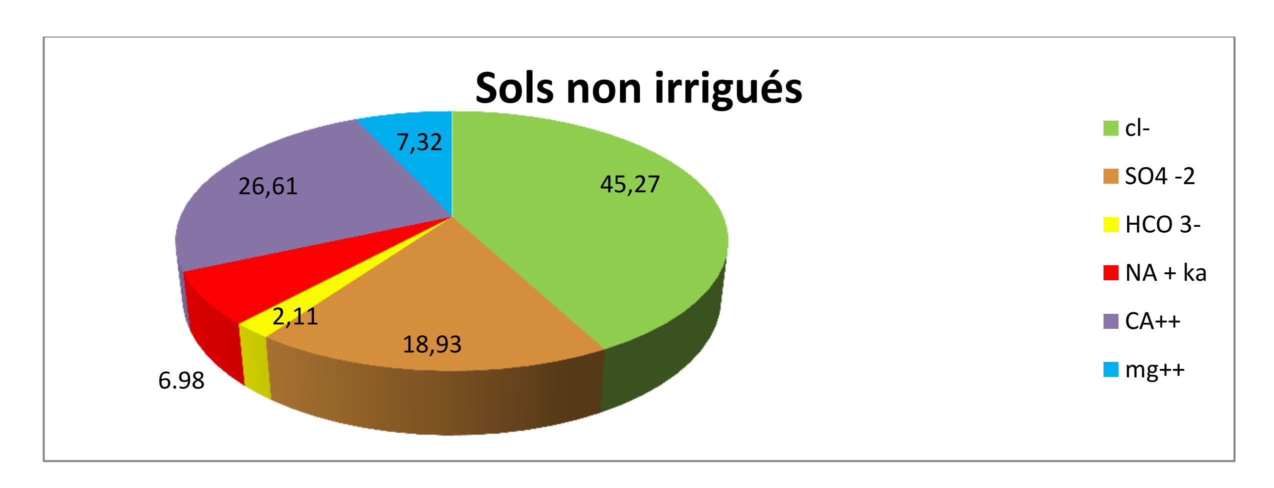


Figure 55 : Répartition des ions dans le sol non irrigué

On conclue que les teneurs de Cl^-, et le Na^{++} sont les plus importantes dans les trois parcelles, les bicarbonates et le magnésium se trouvent en très faibles concentrations. Les cations et les anions sont plus remarquables dans les sols irrigués par les eaux usées traitées

par rapport aux sols irrigués par les eaux conventionnelles. Cela est dû à la teneur élevée en ions dans l'eau usée épurée. La forte teneur en ces éléments peut changer la structure du sol.

Selon les analyses de bilan ionique, le faciès géochimique est chloruré-sodique qui correspond bien à la géochimie de la cuvette de Ouargla (HAMDI AISSA, 2001).

- **SAR (Sodium Absorption Ration)**

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour déterminer le niveau d'alcalinisation de la solution du sol.

SAR= $\mathbf{Na^{+}/\sqrt{(Ca^{++}+Mg^{++})/2}}$; ($Na^{++}$, Mg^{++}, Ca^{++}) méq/l.

Les valeurs de SAR obtenues dans les résultats sont liées aux concentrations de Na^{++}, Mg^{++}, et Ca^{++}.

Les résultats obtenus montrent des variations entre les valeurs moyennes de SAR, qui sont comprises entre 9,02 dans les parcelles non irriguées et 4,57 dans les parcelles agricoles irriguées par les eaux usées épurées. Alors que la valeur de SAR dans les parcelles irriguées par les eaux conventionnelles est de 1,93. De ce fait, selon **SEVANT et *al*, 1966 in BOUTELLI, 2012)** l'alcalinisation est moyenne dans la parcelle non irriguée, faible dans les parcelles irriguées par l'eau usée traitée et basse dans les parcelles irriguées par les eaux conventionnelles.

2.4 Corrélations

- **Corrélations de salinité**

  - **Relation matière organique et salinité**

Il apparait de façon générale que l'enrichissement en MO favorise la réduction de la salinité dans les sols notamment par l'utilisation des eaux épurées riches en MO et les apports organiques dans les terrains cultivés. Toute fois, la forte salinité des eaux épurées augmente celle des sols par l'irrigation. Cela nécessite une bonne gestion de l'irrigation pour favoriser le lessivage des sels dans ses sols.

  - **Relation conductivité électrique (CE) avec le résidu de sec (Rs)**

On remarque qu'il y a une corrélation très hautement significative entre la CE et le Rs. Le degré de salinité exprime par la CE augmente avec la charge salée exprime par le Rs.

- **Relation degré de salinité et les ions**

On note une corrélation hautement significative avec l'augmentation de tous les cations solubles, notamment le sodium, le magnésium et le potassium. Aussi le degré de salinité augmente avec les ions solubles de chlorure et de sulfate.

- **Relation entre la charge saline (Rs) et les ions**

La charge saline a une relation significative avec le sodium, potassium, le chlorure, et le sulfate. Cela montre que l'accumulation saline est généralement chlorurée-sodique.

- **Corrélations du pH**

- **Relations pH et les ions**

On remarque une corrélation significative avec l'augmentation du pH avec le carbonate et aussi avec la diminution du pH avec les sulfates.

Conclusion

De part sa situation géographique, l'Algérie est un pays sec, aux faibles ressouces hydriques. La recherche de ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées et d'alternatives pour une utilisation plus efficiente et présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants, ainsi que des effets négatifs, à savoir la salinisation des horizons, dégradation de la qualité de sol liés aux qualités physico-chimiques des EUT (HARTANI, 2004).

Cette étude avait donc pour objet d'évaluer l'état des sols irrigués par les EUE en termes de salinité. Trois stations ont été sélectionnées qui diffèrent par plusieurs paramètres.

La caractérisation physico-chimique des sols étudiés révèle quelques caractères communs aux trois sols, à savoir un pH basique, un taux faible de calcaire total et de gypse. On note cependant une différence entre les stations concernant les autres paramètres physico-chimiques, tels que les ions sachant que ces derniers plus importants dans les parcelles irriguées par les EUE. Les effets d'irrigation et le type des eaux d'irrigation (EUE et eau conventionnelle) sont d'ailleurs étroitement liés aux propriétés de chaque parcelle.

S'intéressant aux effets de salinisation par l'irrigation des EUT, le présent travail a montré que sur un sol sableux, l'utilisation des EUT a provoqué une augmentation des sels en profondeur.

Nos analyses ont mis en évidence un impact d'irrigation par EUE qui augmente la teneur en matière organique dans le sol du fait que ces eaux sont pourvues de MO.

L'ensemble des résultats obtenus constitue une étape vers la compréhension des effets affectant les sols irrigués par la EUE dans la région de ouargla.

Le premier intérêt d une telle démarche est qu'elle fournit un état présent de deux stations irriguées par deux types d'eaux, et une station non irriguée qui peut ensuite être utile à un contrôle de la situation.

Ce travail a par ailleurs, clairement mis en évidence que plusieurs facteurs sont impliqués dans le processus de salinisation. Il serait nécessaire de mener des études expérimentales en laboratoire ou au champ, afin de mieux maitriser certains de ces facteurs et d'affiner les pratiques culturales et les modes d'irrigation.

Pour une meilleure utilisation des eaux usées traitées, une des mesures prises consiste à assurer un suivi périodique et régulier de l'utilisation de ces eaux. Un tel suivi est sanctionné par une évaluation de leur impact sur le sol et une recherche de solutions idoines pour résoudre les éventuels problèmes qui peuvent se poser.

Références

- **A.N.R.H., 2010.** L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de la Wilaya de Ouargla : Rapports techniques.

- **AYERS, R.S. et WASTCOT, D.W, 1994.** Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper. N° 29 Rev. 1 FAO, Rome, p 174.

- **AUBERT G, 1975.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annale de l'INA, Alger, 185-195.

- **BELAID, 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, 5-26.

- **BRAHIM ASKRI, RACHIDA BOUHLILA AND JEAN OLIVIER JOB (2010):** Development and application of a conceptual hydrologic model to predict soil salinity within modern Tunisian oases. Journal of Hydrology. Volume 380, Issues 1-2, 15 January 2010, Pages 45-61

- **BIASE, D, 2000.** Guide des analyses en pédologie, techniques et pratique, Ed INRA, Paris.

- **BOUTELLI, M. 2012.** Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement, mémoire magister rn hydrolique, Ouargla, Algérie.

- **BADRAOUI, M. 2006**. Connaissance et utilisation des ressources en sol au Maroc.

- **BONNARD et GARDEL. 2003**. Vallée de Ouargla. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Lausanne, p 42.

- **BONNARD et GARDEL, 2003.** Vallée de Ouargla. Etude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Volet d'étude d'impact sur l'environnement. Mission IIIA: Collecte et analyse des données. Lausanne, p 26.

- **BOYE M. et NESSON C.l., 1969.** Un problème de méthode: la particularité granulométrique d'un sédiment de la sebkha. Environs de Ouargla. Revue de Géomorphologie Dynamique.1, 17-27.

- **BRL-BNEDER. 1999**. Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes. Etude de base. Monographies spécialisées des ressources naturelles. Ressources en eau. Modélisation du Complexe Terminal.1(3), p 63.

- **BONNARD et GARDEL, 2003. Vallée** de Ouargla. Etude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Volet d'étude d'impact sur l'environnement. Mission IIIA: Collecte et analyse des données. Lausanne, p 26.

- **CLEMENT.M et PIELTAIN.F, 2003.** Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Ed. TEC, Paris.

- **CHAICH K., 2004.** La nappe phréatique de la cuvette de Ouargla: Bilan hydrique, problèmes engendrés et possibilités de dessalement. Mémoire de Magister en agronomie saharienne. Université Kasdi Marbah de Ouargla, p 78.

- **CONDOM, M.LEFEBVRE, L.VANDOME (2012),** la réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expérience et aide à l'élaboration de projets, plan bleu, 11-25.

- **DAJOZ R., 2006.** Précis d'écologie. Ed. *Dunod*. Paris, p 621.

- **DADDI BOUHOUNE M. et HAMDI AISSA B., 2008**. Travaux pratique d'éco-pédologique. Université de Kasdi Merbah Ouargla.

- **DYWIDAG, 2010.** Société Eurl Dywidag international Gmbh Ouargla, Documents techniques.

- **FAO (2003),** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, p 73.

- **FAO (2007),** Agriculture et rareté de l'eau: une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15.

- **HAFOUDA. L, 2005.** Caractérisation et quantification de la salinisation du sol et de la nappe dans la valée de Oued Rhir, Thése de magister INA. Alger.

- **HAMDI AISSA B., 2001.** Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahra (cuvette de Ouargla), approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thése de doctorat, paris, 25-72.

- **HAMOUDA M.F.** (2004), Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. Desalination 165, 31-41.

- **HARTANI T. 1998**. La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non conventionnelles. Alger : KLI Conseil, p 10.

- **HARTANI T. 2004.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation: conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 avril 2004. 11p.

- **GUENDOUZ A., REGHIS Z. et MOULLA A.S., 1992.** Etude hydrochimique et isotopique
- des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla. Rapport n°1, p 65.

- **IDDER T., 1998.** La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara d'Algérie. Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiassions proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de Doctorat. Université d'Angers UFR Sciences. Laboratoire des sciences de l'environnement et de l'aménagement, p 284.

- **JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN, 2012**. Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtes, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41me Correspondant au 15 juillet 2012, p 27.

- **KHADHRAOUI A., 2007.** Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes. Caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement, p 317.

- **LARSON W.E. ET PIERCE PJ.**, 1992 : conservation and enhancement of soil quality. In evaluation for sustainable lan management and the developing worl. Vol. 2: technical papaers, Banghok, Thailand, Inter. Board for research and management 1991, IBSRAM prceesings n°12.

- **LAZAROVA V. ET BRISSAUD F. (2007).** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eauxusées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.

- **MATHIEU C, PIELTAIN F**, Jeanroy E, Marcovecchio F, Servain F , Soucheyre H, 2003. Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. Editions Tec & Doc.

- **MANTINELLI I. (1999),** Infiltration des eaux de ruissellement pluvial et transfert de polluant associés dans le sol urbain. - vers une approche globale et pluridisciplinaire. Thèse doctorat de l'INSA de Lyon, N° d'ordre : 99 ISAL 116, p 192.

- **MEDKOUR M., 2003**. R´eutilisation des eaux us´ees ´epur´ees. S´eminaire sur le secteur de l'eau en Alg´erie. Minist`ere des Ressources en eau, p 12.

- **MEDKOUR M. 2002**. Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau: réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p 11.

- **MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU, (2001).** Les ressources en eau d'Algérie. Rapport de synthèse. MRE, Alger, Algérie, p 73.

- **MIYAMOTO S.ET CHACON A. (2006),** Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline waterII. Soil factors. Landscape and Urban Planning 77, 28–38.

- **NEZLI I.E., ACHOUR S. et DJABRI L., 2007.** Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). *Larhyss Journal*.6: 121-134.

- **Office National d'assainissement de Saida., 2012**. Document de synthèse préparé par l'ONA de Saida concernant la réutilisation des eaux usées épurées, 21.

- **OMS (2006**), WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, volume II, Wastewater use in agriculture, p 222.

- **OMS, 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.

- **O.N.M, 2012**. Office National de Météorologique, données climatiques de la période 2001-20012 station de Ouargla.

- **Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) au Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord., 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées manuel d'utilisation. 73p.

- **D.P.A.T., 2007.** Annuaire statistique 2006 de la wilaya de Ouargla, p 156.

- **PAPAIACOVOU I. (2001)**, Case study- wastewater reuse in Limassol as an alternative water source, Desalination 138, 55-59.

- **QADIR M., SHARMA B.R**., Bruggeman A., Choukr-Allah R., Karajeh F. (2007), Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. Agricultural water management 87, 2 – 22.

- **PEASEY A., BLUMENTHAL U., MARA D., RUIZ-PALACIOS G., (2000),** A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective. WELL Study, http://www.iboro.ac.uk/well/.
- **ROBERT M, 1996.** Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, p 241.

- **R.N.M (2011),** Rapport National de Maroc, projet de renforcement de capacité sur l'utilisation sans danger des eaux usées en agriculture 6-20.

- **ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975** ., Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Thèse pour le Doctorat de Géographie. Publication n°2 de Département de Géographie. Université Paris-Sorbonne, p 389.

- **SAMSOEN M., 1941.** Les eaux souterraines dans les territoires du sud. Alger, p 164.

- **TAMRABET, L., D., GOLEA, H., BOUZERZOUR (2002**). La réutilisation des eaux usées en agriculture: insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en Algérie. Watmed2002, Monastir, Tunisie. Pp. 295-302.

- **TAMRABET L., 2011**. Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse Doctorat en sciences. Option Hydraulique. Institut de Génie Civil, d'Hydraulique et d'Architecture. Département d'Hydraulique. Université Hadj Lakhdar –Batna. 147 p.

- **TECSULT, (2007).** Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur le territoire national, synthèse globale, MRE- DAPE.

- **U.S. Environmental Protection Agency "USEPA" (2004)**, Guidelines for Water Reuse. p 478

- **VILLAGRA P.E. ET CAVAGNARO J. B. (2005),** Effects of salinity on the establishment and early growth of Prosopis argentina and Prosopis alpataco seedlings

in two contrasting soils: Implications for their ecological success. Austral Ecology 30, 325–335

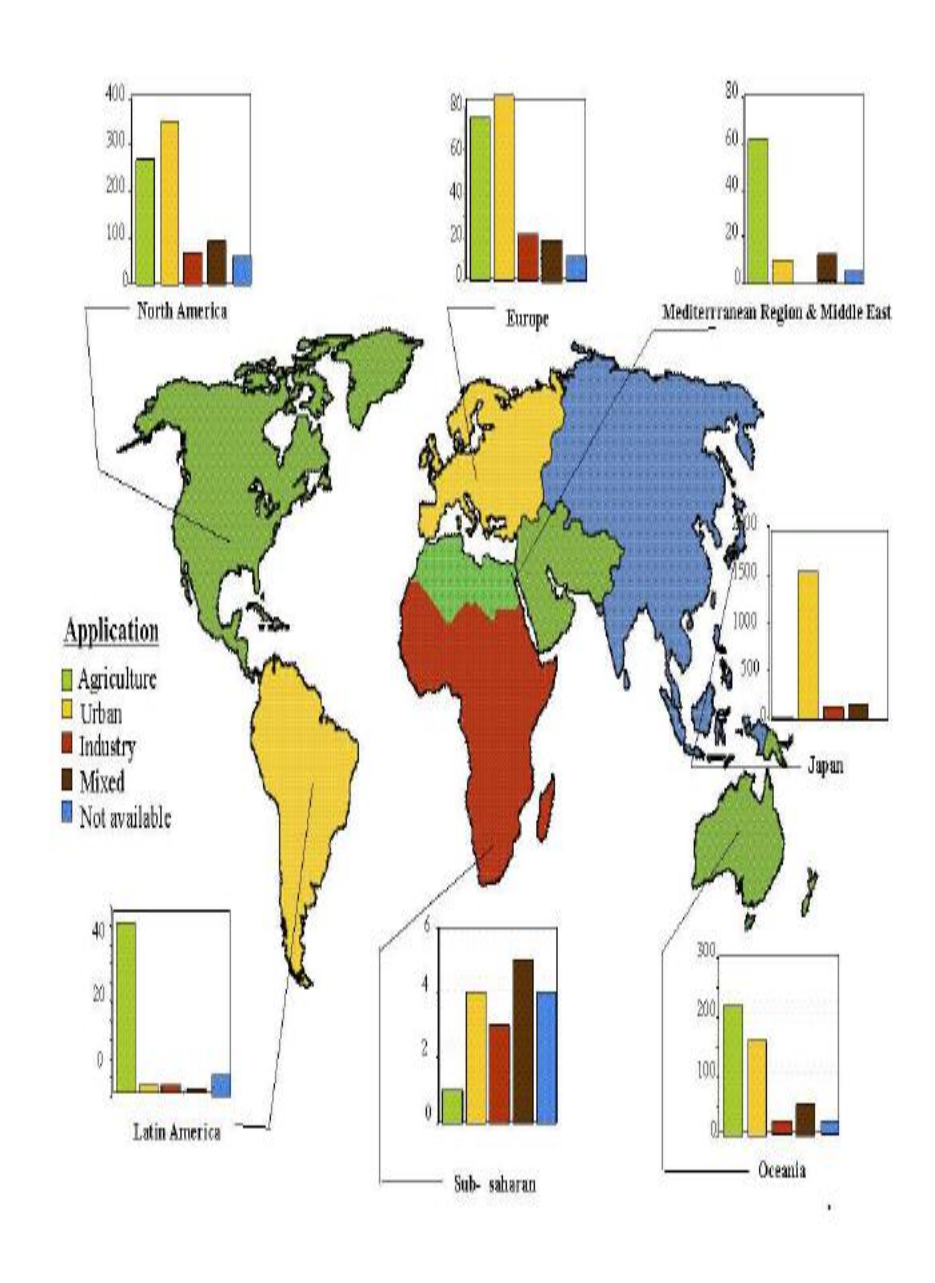
.

Annexe

Annexe 1 : Le Cahier des charges-type relatif à la REUE : risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter…), Les contrôles sanitaires.

Prévention des risques liés à l'usage des EUE	les contrôles sanitaires
- Interdiction de l'irrigation avec l'EUE des cultures maraîchères la liste des cultures à irriguer est fixée par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, l'agriculture et la santé). - Interdiction de l'irrigation avec l'EUE par aspersion. - Interdiction du pâturage au niveau des parcelles irriguées avec l'EUE. - Eloignement des parcelles irriguées de plus de 100 mètres des routes, habitations, puits de surface. - Interdiction de tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable. - Signalisation des bornes et des robinets d'irrigation avec la mention eau non potable. - L'irrigation avec les EUE doit cesser au moins deux semaines avant la récolte. - L'exploitation des puits situés à l'intérieur des parcelles irriguées avec l'EUE n'est permise que pour les cultures autorisés sur ces zones, en cas de dégradation de la qualité de l'eau des puits situés à proximité des zones irrigués l'utilisation des eaux de ce puit est soumise aux mêmes spécifications qu'a l'EUE. L'irrigation des parcs et des espaces verts au moyen des EUE doit s'effectuer en dehors des heures d'ouverture au public	- la qualité des EUE destinées à l'irrigation doit faire l'objet de contrôles (liste des laboratoires fixée par arrêté) par le concessionnaire, l'exploitant agricole, le gestionnaire de la STEP ainsi que par directions de la wilaya (Hydraulique, Services agricoles, la santé et l'environnement) afin d'assurer la qualité fixée par la réglementation en vigueur. - Les services hydrauliques de la wilaya sont tenus de mettre en place un dispositif afin de : ➢ Suivre la qualité des EUE destinées à l'irrigation. ➢ Suivre l'évolution de la qualité de l'eau de la nappe phréatique. ➢ L'état des ouvrages de stockage et de distribution des EUE. - **La direction de la santé** doit assurer un contrôle régulier de la santé du personnel affecté a l'irrigation avec l' EUE. - **Les services agricoles** sont tenus d'assurer : ➢ Un contrôle phytosanitaire des cultures irriguées avec l'EUE. ➢ Evolution des caractéristiques de sols irrigués avec l'EUE. - **les services du commerce** sont tenus d'assurer un contrôle biologique et physico-chimique des produits agricoles irrigués avec l'EUE

Annexe 2: Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde (Boxio et al. 2005)



Annexe 3 : Les cinq stations de refoulement de la STEP



Annexe 4 : Dégrilleurs



Annexe 5 : dessaleur



Annexe 6 : Répartiteur



Annexe 7: lagune d'aération de premier étage



Annexe 8 : Bassins d'aération



Annexe 9 : bassin de finition



Annexe 10 : lits de séchage



Annexe 11 : Coordonnées géographiques des points de prélèvement du sol à GPS.

N° de station	N° de profil	Coordonnées géographiques des points de prélèvement du sol		
		Nord (latitude)	Est (longitude)	Altitude (m)
Station 1 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00'36,6''	005° 22'24,3''	121
	P_2 :	32° 00'33,5''	005° 22'26,4''	121
	P_3 :	32° 00'32,1''	005° 22'26,8''	121
	P_4 :	32° 00'32,7''	005° 22'27,0''	121
	P_5 :	32° 00'31,0''	005° 22'27,2''	121
Station 2 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00' 23,3''	005° 22'30,2''	121
	P_2 :	32° 00' 22,5''	005° 22'34,5''	121
	P_3 :	32° 00' 19,0''	005° 22'38,2''	120
	P_4 :	32° 00' 21,1''	005° 22'31,9''	121
	P_5 :	32° 00' 17,3''	005° 22'32,0''	122
Station 3 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00' 27,8''	005° 22'27,0''	121
	P_2 :	32° 00' 29,4''	005° 22'30,0''	122
	P_3 :	32° 00' 30,6''	005° 22'28,8''	123
	P_4 :	32° 00' 29,3''	005° 22'26,9''	123
	P_5 :	32° 00' 31,2''	005° 22'26,1''	122
Station 4 Non cultivé.	P_1 :	32° 00' 34,7''	005° 22'24,1 ''	121
	P_2 :	32° 00' 35,7''	005° 22'26,6''	121
	P_3 :	32° 00' 36,2''	005° 22'24,7''	120
	P_4 :	32° 00' 37,0''	005° 22'26,3''	-
	P_5 :	32° 00' 23,6''	005° 22'23,6''	120
Station 5 Non cultivé.	P_1 :	32° 00' 38,1''	005° 22'22,5''	
	P_2 :	32° 00' 38,5''	005° 22'23,6''	
	P_3 :	32° 00' 39,9''	005° 22'23,7''	118
	P_4 :	32° 00' 38,9''	005° 22'22,4''	
	P_5 :	32° 00' 39,6''	005° 22'21,4''	120
Station 6 Irrigation par les eaux usées	P_1 :	32° 00' 36,2''	005° 22'18,9''	
	P_2 :	32° 00' 35,7''	005° 22'19,2''	
	P_3 :	32° 00' 35,3''	005° 22'11,7''	

épurées.	P_4 :	32° 00’ 34,6’’	005° 22’18,3’’	124
	P_5 :	32° 00’ 35,3’’	005° 22’11,7’’	
Station 7 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00’ 38,4’’	005° 22’15,7’’	
	P_2 :	32° 00’ 39,0’’	005° 22’15,7’’	123
	P_3 :	32° 00’ 40,0’’	005° 22’16,8’’	128
	P_4 :	32° 00’ 39,5’’	005° 22’17,8’’	
	P_5 :	32° 00’ 39,2’’	005° 22’15,9’’	
Station 8 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00’ 38,2’’	005° 22’14,1’’	
	P_2 :	32° 00’ 38,9’’	005° 22’12,9’’	
	P_3 :	32° 00’ 38,1’’	005° 22’12,2’’	
	P_4 :	32° 00’ 38,7’’	005° 22’12,1’’	
	P_5 :	32° 00’ 39,2’’	005° 22’11,3’’	
Station 9 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00’ 56,8’’	005° 22’09,2’’	119
	P_2 :	32° 00’ 56,1’’	005° 22’08,9’’	119
	P_3 :	32° 00’ 57,7’’	005° 22’07,8’’	116
	P_4 :	32° 00’ 56,7’’	005° 22’07,6’’	
	P_5 :	32° 00’ 59,0’’	005° 22’06,6’’	
Station 10 Non cultivé.	P_1 :	32° 01’ 04,8’’	005° 22’05,2’’	
	P_2 :	32° 01’05,5’’	005° 22’05,5’’	118
	P_3 :	32° 01’ 04,4’’	005° 22’04,0’’	118
	P_4 :	32° 01’ 05,1’’	005° 22’04,5’’	121
	P_5 :	32° 01’ 04,9’’	005° 22’02,7’’	
Station 11 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 01’ 07,8’’	005° 22’03,7’’	
	P_2 :	32° 01’ 09,7’’	005° 22’02,0’’	
	P_3 :	32° 01’ 09,1’’	005° 22’01,4’’	127
	P_4 :	32° 01’ 08,6’’	005° 22’02,2’’	127
	P_5 :	32° 01’ 08,0’’	005° 22’01,2’’	
Station 12 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 01’10,4’’	005° 22’02,0’’	
	P_2 :	32° 01’11,8’’	005° 22’01,2’’	
	P_3 :	32° 01’12,0’’	005° 22’59,9’’	
	P_4 :	32° 01’ 11,2’’	005° 22’00,8’’	
	P_5 :	32° 01’ 11,1’’	005° 22’59,6’’	

Station 13 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 01’14,0’’	005° 22’00,5’’	
	P_2 :	32° 01’16,3’’	005° 21’59,3’’	129
	P_3 :	32° 01’14,4’’	005° 21’59,2’’	123
	P_4 :	32° 01’13,5’’	005° 21’58,2’’	119
	P_5 :	32° 01’15,0’’	005° 21’58,2’’	121
Station 14 Non cultivé.	P_1 :	32° 00’32,2’’	005° 22’20,6’’	121
	P_2 :	32° 00’ 32,4’’	005° 22’18,0’’	
	P_3 :	32° 00’31,8’’	005° 22’19,8’’	120
	P_4 :	32° 00’31,0’’	005° 22’20,6’’	
	P_5 :	32° 00’31,7’’	005° 22’21,5’’	
Station 15 Irrigué par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00’36,9’’	005° 22’18,8’’	
	P_2 :	32° 00’38,5’’	005° 22’18,0’’	
	P_3 :	32° 00’37,9’’	005° 22’17,8’’	
	P_4 :	32° 00’37,6’’	005° 22’17,7’’	
	P_5 :	32° 00’37,2’’	005° 22’17,2’’	
Station 16 Irrigation par les eaux normales.	P_1 :	32° 01’31,1’’	005° 21’50,3’’	
	P_2 :	32° 01’31,2’’	005° 21’40,8’’	
	P_3 :	32° 01’30,1’’	005° 21’52,6’’	
	P_4 :	32° 01’29,9’’	005° 21’51,3’’	
	P_5 :	32° 01’31,3’’	005° 21’52,1’’	
Station 17 Irrigation par les eaux normales.	P_1 :	32° 01’41,4’’	005° 21’46,1’’	
	P_2 :	32° 01’43,0’’	005° 21’45,0’’	
	P_3 :	32° 01’39,6’’	005° 21’13,5’’	125
	P_4 :	32° 01’41,4’’	005° 21’49,9’’	
	P_5 :	32° 01’40,6’’	005° 21’45,9’’	
Station 18 Irrigation par les eaux normales.	P_1 :	32° 01’45,7’’	005° 21’22,1’’	125
	P_2 :	32° 01’45,1’’	005° 21’22,1’’	132
	P_3 :	32° 01’43,1’’	005° 21’21,7’’	128
	P_4 :	32° 01’44,2’’	005° 21’23,0’’	
	P_5 :	32° 01’42,6’’	005° 21’21,4’’	
Station 19 Irrigation par les.	P_1 :	32° 02’07,5’’	005° 20’58,2’’	123
	P_2 :	32° 02’07,9’’	005° 21’00,8’’	125

eaux normales	P_3 :	32° 02'02,5''	005° 21'00,2''	121
	P_4 :	32° 02'04,8''	005° 21'00,0''	121
	P_5 :	32° 02'01,9''	005° 21'58,6''	118
Station 20 Irrigation par les eaux normales après usées épurées.	P_1 :	32° 02'02,3''	005° 21'14,8''	118
	P_2 :	32° 02'02,8''	005° 21'13,0''	117
	P_3 :	32° 02'02,0''	005° 21'11,9''	118
	P_4 :	32° 02'02,24''	005° 21'13,4''	119
	P_5 :	32° 02'00,9''	005° 21'13,8''	119
Station 21 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 01'36,5''	005° 21'54,9''	123
	P_2 :	32° 01'35,3''	005° 21'53,7''	112
	P_3 :	32° 01'34,1''	005° 21'55,8''	125
	P_4 :	32° 01'35,0''	005° 21'54,7''	126
	P_5 :	32° 01'33,7''	005° 21'55,0''	125
Station 22 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 01'32,7''	005° 21'55,0''	116
	P_2 :	32° 01'32,6''	005° 21'56,2''	123
	P_3 :	32° 01'33,0''	005° 21'56,2''	120
	P_4 :	32° 01'31,4''	005° 21'56,4''	123
	P_5 :	32° 01'31,0''	005° 21'57,1''	124
Station 23 Abandonnée.	P_1 :	32° 01'19,5''	005° 22'01,1''	126
	P_2 :	32° 01'21,8''	005° 22'00,2''	125
	P_3 :	32° 01'19,9''	005° 22'03,1''	
	P_4 :	32° 01'20,7''	005° 22'01,4''	
	P_5 :	32° 01'21,9''	005° 22'01,4''	122
Station 24 Abandonnée.	P_1 :	32° 01'18,6''	005° 22'02,1''	127
	P_2 :	32° 01'18,8''	005° 22'03,4''	
	P_3 :	32° 01'18,1''	005° 22'03,0''	
	P_4 :	32° 01'16,3''	005° 22'02,6''	
	P_5 :	32° 01'17,0''	005° 22'05,1''	
Station 25 Abandonnée.	P_1 :	32° 01'11,7''	005° 22'06,2''	127
	P_2 :	32° 01'11,4''	005° 22'07,5''	129
	P_3 :	32° 01'12,2''	005° 22'08,0''	
	P_4 :	32° 01'10,7''	005° 22'08,1''	

	P_5 :	32° 01'10,3''	005° 22'06,5''	123
Station 26 Non cultivé.	P_1 :	32° 01'06,8''	005° 22'09,3''	123
	P_2 :	32° 01'06,4''	005° 22'08,2''	
	P_3 :	32° 01'02,3''	005° 22'09,1''	
	P_4 :	32° 01'05,3''	005° 22'10,5''	129
	P_5 :	32° 01'04,0''	005° 22'12,3''	
Station 27 Non cultivé.	P_1 :	32° 00' 59,6''	005° 22'12,7''	
	P_2 :	32° 00' 59,2''	005° 22'11,6''	124
	P_3 :	32° 00' 57,5''	005° 22'13,4''	133
	P_4 :	32° 00' 56,3''	005° 22'16,0''	121
	P_5 :	32° 00' 55,4''	005° 22'13,2''	128
Station 28 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00'40,8''	005° 22'20,8''	126
	P_2 :	32° 00'43,2''	005° 22'19,8''	123
	P_3 :	32° 00'42,5''	005° 22'21,1''	125
	P_4 :	32° 00'44,7''	005° 22'24,0''	122
	P_5 :	32° 00'41,7''	005° 22'24,4''	129
Station 29 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00'43,5''	005° 22'29,4''	130
	P_2 :	32° 00'43,8''	005° 22'29,2''	133
	P_3 :	32° 00'43,7''	005° 22'29,7''	126
	P_4 :	32° 00'44,0''	005° 22'31,0''	123
	P_5 :	32° 00'44,4''	005° 22'31,0''	122
Station 30 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00' 56,1''	005° 22'34,9''	116
	P_2 :	32° 00' 57,1''	005° 22'35,2''	124
	P_3 :	32° 00' 56,6''	005° 22'35,9''	124
	P_4 :	32° 00' 59,7''	005° 22'35,1''	125
	P_5 :	32° 00' 58,5''	005° 22'34,4''	123
Station 31 Irrigation par les eaux usées épurées.	P_1 :	32° 00' 44,2''	005° 22'19,2''	120
	P_2 :	32° 00' 45,0''	005° 22'19,0''	120
	P_3 :	32° 00' 45,4''	005° 22'18,4''	119
	P_4 :	32° 00' 45,9''	005° 22'19,1''	121
	P_5 :	32° 00' 44,1''	005° 22'19,5''	120

ANNEX 12 : photos d'échantillonnage des sols par la tarière (périmètre du STEP)



Annexe 13 : Relation globale entre les propriétés physico-chimiques et chimiques des sols (n=30 K=29)

	Nt	Na	No	Pa	MO	C.E.	R.s	pH	Ca++	Mg	K	Na	HCO	SO4	Cl	C	G
Nt	1,0000																
Na	0,6160	1,0000															
No	0,8632	0,1340	1,0000														
Pa	-0,3966	0,2428	-0,6546	1,0000													
MO	-0,1637	0,3168	-0,4090	0,7426	1,0000												
C.E.	0,2252	-0,1982	0,4104	-0,5571	-0,4654	1,0000											
R.s	0,1359	-0,0311	0,1908	-0,1411	-0,1388	0,5672	1,0000										
pH	0,0385	0,1305	-0,0352	0,0785	0,0176	0,0981	0,0858	1,0000									
Ca++	0,0437	-0,0472	0,0852	-0,2286	-0,2763	0,4883	0,1809	0,0299	1,0000								
Mg	0,2398	-0,0059	0,3055	-0,3639	-0,1959	0,7525	0,3492	-0,0011	0,4263	1,0000							
K	0,1624	-0,2360	0,3555	-0,3590	-0,2857	0,6720	0,4064	0,0075	0,2676	0,2394	1,0000						
Na	0,3590	-0,1734	0,5628	-0,6101	-0,5273	0,8425	0,5428	0,0388	0,3966	0,4025	0,8547	1,0000					
HCO	-0,0050	0,1161	-0,0806	0,0888	0,2198	-0,0173	-0,0820	-0,2150	0,0750	-0,0871	0,3670	0,1731	1,0000				
SO4	0,0882	0,0139	0,1021	-0,2120	-0,3002	0,6753	0,4504	-0,0214	0,4798	0,5056	0,3689	0,5000	-0,0119	1,0000			
Cl	0,2283	-0,1560	0,3872	-0,5254	-0,4559	0,9266	0,6518	0,0722	0,4459	0,5722	0,8089	0,9155	0,1093	0,5768	1,0000		
C	0,2523	0,0117	0,3099	-0,2444	0,0339	-0,3432	-0,1883	-0,1780	-0,3577	-0,2674	-0,1957	-0,1661	0,1374	-0,4420	-0,2679	1,0000	
G	-0,1835	-0,0300	-0,2117	0,0566	0,1180	-0,0814	-0,1649	-0,0125	0,2023	0,0379	-0,2600	-0,2498	-0,2438	0,1559	-0,2217	-0,2255	1,0000

Annexe 15 :Relation entre les propriétés physico-chimiques et chimiques des sols irrigué avec les eaux conventionnelles (n=5 K=4)

	Nt	Na	No	Pa	MO	C.E.	R.s	pH	Ca++	Mg	K	Na	HCO	SO4	Cl	C	G
Nt	1,0000																
Na	1,0000	1,0000															
No	1,0000	1,0000	1,0000														
Pa	-0,2010	-0,2010	-0,2010	1,0000													
MO	0,4069	0,4069	0,4069	0,4139	1,0000												
C.E.	0,9577	0,9577	0,9577	-0,1167	0,3273	1,0000											
R.s	0,5600	0,5600	0,5600	0,1618	0,9364	0,5140	1,0000										
pH	0,7268	0,7268	0,7268	0,2126	0,3356	0,8832	0,4928	1,0000									
Ca++	0,7661	0,7661	0,7661	0,2008	0,5880	0,6199	0,5033	0,3825	1,0000								
Mg	0,7699	0,7699	0,7699	-0,3153	0,6492	0,7184	0,8593	0,5465	0,4545	1,0000							
K	0,6360	0,6360	0,6360	-0,2722	-0,3793	0,7349	-0,2014	0,6363	0,2620	0,1493	1,0000						
Na	0,7304	0,7304	0,7304	-0,7454	-0,2363	0,6725	0,0000	0,3203	0,3428	0,4782	0,7607	1,0000					
HCO	0,3636	0,3636	0,3636	0,0984	-0,2576	0,2922	-0,3791	0,0991	0,5954	-0,2853	0,5856	0,4009	1,0000				
SO4	0,8247	0,8247	0,8247	-0,2463	0,3936	0,6338	0,4119	0,2457	0,8991	0,5697	0,3539	0,6567	0,5507	1,0000			
Cl	0,9882	0,9882	0,9882	-0,1766	0,4228	0,9832	0,6034	0,8070	0,6886	0,8058	0,6398	0,6925	0,2580	0,7325	1,0000		
C	-0,3400	-0,3400	-0,3400	0,8224	0,0942	-0,3597	-0,2429	-0,1997	0,2511	-0,6401	-0,2552	-0,6185	0,4669	-0,0991	-0,3966	1,0000	
G	0,8638	0,8638	0,8638	-0,0919	0,7392	0,8219	0,8918	0,6819	0,6436	0,9574	0,2320	0,4301	-0,0960	0,6556	0,8915	-0,4236	1,0000

Annexe 14 :Relation entre les propriétés physico-chimiques et chimiques des sols irrigué avec les eaux non conventionnelles (n=19 K=18)

	Nt	Na	No	Pa	MO	C.E.	R.s	pH	Ca++	Mg	K	Na	HCO	SO4	Cl	C	G
Nt	1,0000																
Na	1,0000	1,0000															
No	1,0000	1,0000	1,0000														
Pa	-0,2108	-0,2108	-0,2108	1,0000													
MO	-0,0103	-0,0103	-0,0103	0,7162	1,0000												
C.E.	0,0747	0,0747	0,0747	-0,3835	-0,2695	1,0000											
R.s	0,0659	0,0659	0,0659	-0,2684	-0,2436	0,7238	1,0000										
pH	0,0703	0,0703	0,0703	-0,1718	-0,0391	-0,0695	-0,1085	1,0000									
Ca++	0,0522	0,0522	0,0522	-0,1372	-0,2461	0,3288	0,0878	-0,1211	1,0000								
Mg	0,1425	0,1425	0,1425	-0,1468	-0,0510	0,7296	0,5238	-0,0750	0,3426	1,0000							
K	-0,1767	-0,1767	-0,1767	-0,2506	-0,1301	0,6253	0,2648	-0,1707	0,2445	0,0991	1,0000						
Na	0,2212	0,2212	0,2212	-0,5036	-0,3216	0,7504	0,5642	-0,1179	0,2949	0,2411	0,7954	1,0000					
HCO	0,0026	0,0026	0,0026	-0,0506	0,1891	0,1221	-0,0422	-0,3144	0,1348	-0,0316	0,6371	0,4689	1,0000				
SO4	0,0083	0,0083	0,0083	-0,2899	-0,3219	0,6830	0,4508	-0,3487	0,2880	0,5080	0,3886	0,4723	0,0061	1,0000			
Cl	0,0560	0,0560	0,0560	-0,4426	-0,3450	0,9387	0,7050	-0,0146	0,3490	0,5172	0,7530	0,8983	0,2439	0,5738	1,0000		
C	0,1809	0,1809	0,1809	-0,0189	0,3446	-0,3320	-0,0566	0,0906	-0,3012	-0,2807	-0,1680	-0,0721	0,1991	-0,3259	-0,2626	1,0000	
G	-0,2795	-0,2795	-0,2795	0,1317	-0,1209	-0,3194	-0,1665	-0,3353	0,1001	-0,2148	-0,2574	-0,3762	-0,3248	0,0677	-0,3403	-0,0912	1,0000

Annexe 15 :Relation entre les propriétés physico-chimiques et chimiques des sols non irrigués (n=6 K=5)

	Nt	Na	No	Pa	MO	C.E.	R.s	pH	Ca++	Mg	K	Na	HCO	SO4	Cl	C	G
Nt	1,0000																
Na	1,0000	1,0000															
No	1,0000	1,0000	1,0000														
Pa	-0,6691	-0,6691	-0,6691	1,0000													
MO	-0,0499	-0,0499	-0,0499	-0,2972	1,0000												
C.E.	0,0747	0,0747	0,0747	-0,4977	-0,4058	1,0000											
R.s	0,1533	0,1533	0,1533	0,1181	-0,3559	0,2427	1,0000										
pH	-0,3495	-0,3495	-0,3495	0,3828	-0,6506	0,2882	-0,1786	1,0000									
Ca++	-0,4740	-0,4740	-0,4740	-0,0276	-0,3527	0,8130	0,2704	0,3094	1,0000								
Mg	0,1456	0,1456	0,1456	-0,7248	-0,0700	0,8463	-0,2567	0,1594	0,5843	1,0000							
K	0,5703	0,5703	0,5703	-0,5339	-0,2745	0,6109	0,5492	0,0987	0,1874	0,3664	1,0000						
Na	0,3781	0,3781	0,3781	-0,4651	-0,4632	0,8325	0,5787	0,2235	0,5104	0,5305	0,9300	1,0000					
HCO	0,6185	0,6185	0,6185	-0,4440	0,6361	-0,4525	0,0569	-0,8873	-0,6640	-0,2585	0,0364	-0,2242	1,0000				
SO4	-0,1446	-0,1446	-0,1446	-0,0637	-0,6850	0,8351	0,4035	0,3317	0,8757	0,5434	0,3085	0,6326	-0,6077	1,0000			
Cl	0,2995	0,2995	0,2995	-0,4849	-0,3718	0,8625	0,5870	0,1567	0,5879	0,5662	0,9011	0,9881	-0,2136	0,6503	1,0000		
C	0,3152	0,3152	0,3152	0,2009	0,3516	-0,9124	-0,2719	-0,3118	-0,9779	-0,7018	-0,3577	-0,6503	0,6126	-0,8770	-0,7187	1,0000	
G	-0,4438	-0,4438	-0,4438	-0,3070	0,4055	0,3385	-0,6475	0,0632	0,4513	0,6679	-0,3172	-0,1651	-0,2600	0,1311	-0,0711	-0,4459	1,0000

La réutilisation des eaux usées consiste en l'utilisation d'eaux usées traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique).

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'impact des EUE sur les propriétés physico-chimique dans la région de Ouargla.

Les résultats issue d'étude des caractéristiques physiques des sols étudié montre que ces derniers sont des sols sableux, alcalin, peu calcaire, présente un faible taux de gypse et il est moyennement riche en matière organique dans les stations irrigué que dans les stations non irrigué.

Les résultats des caractéristiques physico-chimiques indique une différence remarquables entre les 3 stations, cette différence est liés aux qualités physico-chimiques des EUT.
L'irrigation par les eaux usées épurées présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants ainsi que des effets négatifs à savoir la salinisation des horizons de surface de sol et influent sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Pour une meilleure utilisation des eaux usées traitées en suivi est sanctionné par une évaluation de leur impact sur le sol.

Mot clés : les eaux usées épurées, réutilisation, propriétés physico-chimiques du sol.

إعادة استخداممياه الصرف الصحيهو استخداممياه الصرف الصحي المعالج

وكان الهدف مندراستناالتقييمتأثيرمياه الصرف الصحي المعالجةعلى الخواصالفيزيائية والكيميائيةفي منطقةورقلة

النتائجالمستمدة مندراسةالخصائص الفيزيائية للتربة درسيبينأنهمالرمليةوالتربةالقلوية، والكلسية المنخفضة، لديها نسبةمنخفضةمن الجبس وغني بشكل معتدلفيالمادة العضويةفيمحطاتالمروية فيمحطاتغير المروية

نتائجالخصائصالفيزيائية والكيميائيةتشير إلى وجودفرقملحوظبينالمحطات الثلاث، ويرتبط هذا الاختلافإلى خصائصالفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة

الريبواسطةمياه الصرف الصحي المعالجةله آثارإيجابيةعلىالتربة غنيبالموادالعضوية وكذلكالسلبيةملوحةآفاقسطحالتربةوتؤثر علىالخواص الفيزيائيةوالكيميائية للتربة

لاستخدام أفضليجبمراقبة مياه الصرف الصحي المعالجةمن قبلتقييمأثرهاعلى التربة

الكلماتالدالة: إعادةاستخدامميا هالصرفالصحيالمعالجة،والخصائصالفيزيائيةوالكيميائيةللتربة

Thewastewater reuseis the useof treated wastewaterin arecovery target(beneficial use).

The aim of ourstudy was to evaluatethe impact ofSOIon the physico-chemical propertiesin the region ofOuargla.

The resultsderived fromstudy of the physicalcharacteristics of thesoilsstudiedshows that theyaresandy,alkalinesoils, lowlimestone, has a lowrate ofgypsumand ismoderatelyrich inorganic matter inirrigatedstationsinthenon-irrigatedstations.

The results ofphysico-chemical characteristics indicate aremarkabledifference between thethreestations, this difference is relatedto the physicochemicalproperties ofEUT.
Theirrigationbytreated wastewaterhas positiveeffects onthe rich soilof nutrientsas well as negativesnthe salinizationofsurface horizonsof soil andaffect thephysico-chemical properties of soil effects.

For abetter use oftreated wastewatermonitoringis sanctioned byan assessment of theirimpacton the soil.

Keyword: thetreated wastewaterreuse,physico-chemical properties of soil.